

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,  
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

### Titulación:

Máster en Ingeniería de Organización Industrial modalidad Semi-Presencial

### Alumno:

Sandra Manrubia Romero

### Enunciado TFM:

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### Director del TFM:

Javier Salueña

### Convocatoria de entrega del TFM:

Abril 2019

## Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>13</b>
1.1. Resumen y Abstract .....	13
1.2. Objeto .....	14
1.3. Justificación .....	14
1.4. Alcance .....	14
1.5. Requerimientos / Especificaciones .....	15
<b>2. La Empresa.....</b>	<b>16</b>
2.1. Historia y actividad .....	16
2.2. Organigrama. Recursos de personal .....	17
2.3. Maquinaria .....	19
2.4. Layout de la empresa .....	22
2.4.1. Flujo del material .....	26
2.5. Procesos de fabricación habituales .....	28
2.5.1. Mantenimiento de los utillajes .....	29
2.6. Validación y aceptación del producto. PPAP .....	30
2.7. Sistemas de comprobación y control del producto. Control de calidad .....	30
2.7.1. Uso del calibre de control .....	30
2.8. Certificación de la empresa .....	32
2.9. Problemas actuales de la empresa .....	34
2.9.1. Organizativos .....	34
2.9.1.1. Falta de sistema ERP .....	34
2.9.1.2. Gestor documental .....	34
2.9.2. Flexibilidad productiva .....	34
2.9.2.1. Problemas de espacio .....	35
2.9.3. Sistemas de comprobación. Control de calidad .....	35
<b>3. Estado del Arte .....</b>	<b>36</b>
3.1. Pantallas aislantes .....	36
3.1.1. Pantallas térmicas .....	37
3.1.2. Pantallas acústicas .....	38
3.2. Absorción .....	40
3.2.1. Absorción acústica .....	42
3.2.2. Absorción térmica .....	44
3.3. Aislamiento .....	45
3.3.1. Aislamiento térmico .....	45
3.3.1.1. Transmisión de calor .....	45
3.3.1.2. Principio de aislamiento de una pantalla térmica .....	46

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

3.3.2.	Aislamiento acústico .....	47
3.3.2.1.	Ruido .....	49
3.3.2.2.	Propagación del ruido .....	49
3.3.2.3.	Ruido y vibraciones en la automoción .....	49
3.3.2.4.	Control del ruido .....	51
3.3.2.5.	Reducción del ruido .....	51
3.3.3.	Aislamiento de vibraciones .....	52
3.3.3.1.	Componentes que absorben vibraciones .....	52
3.4.	Simulaciones .....	53
3.4.1.	Simulaciones Mecánicas .....	54
3.4.2.	Simulaciones Térmicas .....	54
3.4.3.	Simulaciones acústicas .....	55
3.4.4.	Ejemplos de software de simulación .....	55
3.5.	Procesos de fabricación y tipos de estación para la producción de las pantallas .....	56
3.5.1.	Formado de la geometría .....	56
3.5.1.1.	Matriz de estampación en frío .....	56
3.5.1.2.	Matriz de embutición .....	56
3.5.2.	Corte de la chapa .....	57
3.5.2.1.	Matrices de corte .....	57
3.5.2.2.	Corte láser .....	57
3.5.2.3.	Waterjet .....	59
3.5.3.	Protección de los cantos .....	62
3.5.3.1.	Matrices de doblado en frío .....	62
3.5.3.2.	Cintas adhesivas .....	62
4.	Metodología .....	64
4.1.	Diagrama de flujo .....	64
4.1.1.	Explicación del diagrama de flujo .....	64
4.2.	Gestión del alcance .....	69
4.2.1.	Definición del ETD: Estructura de desglose de trabajo .....	69
4.2.2.	Diccionario del ETD .....	72
4.3.	Planificación del tiempo .....	80
4.3.1.	Planificación del proyecto de estudio. Diagrama de Gantt. ....	80
4.3.2.	Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt. ....	84
5.	Descripción del punto de partida .....	86
5.1.	Definición del producto .....	86
5.1.1.	Pantalla aislamiento térmico, acústico y a vibraciones .....	89
5.1.2.	Requerimientos del producto .....	91
5.1.2.1.	Requerimientos térmicos .....	91
5.1.2.2.	Requerimientos acústicos y de vibraciones .....	92
5.1.2.3.	Requerimientos dimensionales .....	93

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

5.1.2.4.	Requerimientos de montaje y seguridad.....	93
5.1.2.5.	Requerimientos medioambientales.....	94
5.1.2.6.	Requerimientos sensoriales .....	94
5.1.3.	Vida del producto .....	94
5.1.3.1.	Lote y sistema de embalaje.....	95
6.	Estudio de alternativas.....	96
6.1.	Organización general de la empresa .....	96
6.1.1.	Problemas organizativos identificados .....	96
6.1.2.	Propuesta de alternativas para los problemas de organización.....	97
6.1.2.1.	CRM .....	97
6.1.2.2.	ERP .....	98
6.2.	Desarrollo.....	100
6.2.1.	Simulaciones .....	100
6.2.1.1.	Definición de actividades. FlowChart, situación inicial .....	101
6.2.1.2.	Definición de actividades. FlowChart de la propuesta.....	102
6.2.1.3.	Valoración económica compra de Softwares de simulación .....	105
6.2.1.4.	Valoración temporal para los Softwares de simulación .....	106
6.2.1.5.	Valoración de la opción .....	106
6.3.	Exposición de alternativas y posibles soluciones para la implantación de la producción de la pantalla .....	107
6.3.1.	Protección de cantos .....	107
6.3.1.1.	Colocación de cinta de aluminio .....	107
6.3.1.2.	Construcción de matrices .....	110
6.3.1.3.	Valoración de las opciones.....	112
6.3.2.	Construcción de matrices .....	113
6.3.2.1.	Fase de diseño .....	113
6.3.2.2.	Planificación. Diagrama de Gantt .....	114
6.3.2.3.	Diagrama de flujo .....	115
6.3.2.4.	Valoración económica .....	122
6.3.2.5.	Valoración de la opción .....	124
6.3.3.	Adquisición de corte láser .....	125
6.3.3.1.	Operaciones previas y posteriores necesarias .....	125
6.3.3.2.	Maquinaria de corte láser.....	128
6.3.3.3.	Equipamiento adicional necesario .....	133
6.3.3.4.	Requerimientos para la instalación en planta.....	134
6.3.3.5.	Medioambiente .....	134
6.3.3.6.	Logística en la producción.....	134
6.3.3.7.	Planificación. Diagrama de Gantt .....	135
6.3.3.8.	Diagrama de flujo .....	135
6.3.3.9.	Valoración económica .....	147

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

6.3.3.10.	Valoración de la opción .....	147
6.3.4.	Subcontratación del corte láser .....	149
6.3.4.1.	Operaciones previas y posteriores necesarias .....	149
6.3.4.2.	Equipamiento adicional necesario en proveedor .....	152
6.3.4.3.	Logística en la producción.....	153
6.3.4.4.	Proveedores de corte láser cercanos a Terrassa .....	154
6.3.4.5.	Planificación. Diagrama de Gantt .....	156
6.3.4.6.	Diagrama de flujo .....	156
6.3.4.7.	Valoración económica .....	163
6.3.4.8.	Valoración de la opción .....	163
6.3.5.	Waterjet .....	165
6.3.5.1.	Operaciones previas y posteriores necesarias .....	165
6.3.5.2.	Maquinaria de corte por chorro de agua .....	168
6.3.5.3.	Equipamiento adicional necesario .....	174
6.3.5.4.	Requerimientos para la instalación en planta.....	175
6.3.5.5.	Medioambiente .....	176
6.3.5.6.	Planificación. Diagrama de Gantt .....	176
6.3.5.7.	Diagrama de flujo .....	176
6.3.5.8.	Valoración económica .....	186
6.3.5.9.	Valoración de la opción .....	186
6.4.	Alternativas para el montaje de los componentes .....	188
6.4.1.	Tipos de componentes .....	188
6.4.1.1.	Componentes opción 1 .....	188
6.4.1.2.	Componentes opción 2 .....	189
6.4.1.3.	Componentes opción 3 .....	189
6.4.1.4.	Comparativa de componentes.....	191
6.4.2.	Útil manual de montaje de componentes .....	193
6.4.2.1.	Planificación. Diagrama de Gantt .....	193
6.4.2.2.	Valoración económica .....	193
6.4.2.3.	Valoración de la opción .....	194
6.4.3.	Línea automatizada .....	195
6.4.3.1.	Planificación. Diagrama de Gantt .....	195
6.4.3.2.	Valoración económica .....	195
6.4.3.3.	Valoración de la opción .....	196
6.5.	Exposición de alternativas y posibles soluciones para los sistemas de comprobación durante la producción. Control de calidad .....	197
6.5.1.	Sistema de comprobación mediante calibre de control .....	197
6.5.1.1.	Fase de diseño .....	197
6.5.1.2.	Construcción y planificación .....	198
6.5.1.3.	Valoración económica .....	198

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

6.5.1.4.	Valoración de la opción .....	199
6.5.2.	Sistema de comprobación de las características de aislamiento térmico .....	199
6.5.2.1.	Fase de diseño .....	200
6.5.2.2.	Riesgos laborales .....	200
6.5.2.3.	Valoración económica .....	201
6.5.2.4.	Valoración de la opción .....	201
7.	Elección de alternativas .....	203
7.1.	Organización .....	203
7.1.1.	Sistemas TIC .....	203
7.1.1.1.	CRM .....	203
7.1.1.2.	ERP .....	208
7.2.	Desarrollo .....	209
7.2.1.	Mejoras organizativas e implantación de softwares de simulación .....	209
7.3.	Producción .....	209
7.3.1.	Estaciones de conformado de chapa .....	209
7.3.2.	Corte de chapa .....	209
7.3.3.	Protección de cantos en el contorno de la pieza .....	210
7.3.4.	Montaje de componentes .....	210
7.4.	Sistemas de control .....	210
7.4.1.	Calibre de control .....	210
7.4.2.	Sistema de comprobación de aislamiento térmico .....	210
8.	Desarrollo de la alternativa escogida .....	211
8.1.	Gestión del tiempo. Diagrama de Gantt .....	211
8.2.	Organización general de la empresa .....	215
8.2.1.	Implantación del sistema ERP .....	215
8.2.2.	Implantación del sistema CRM .....	215
8.3.	Desarrollo .....	216
8.4.	Producción .....	217
8.4.1.	Entrada de materia prima .....	217
8.4.2.	Máquina waterjet .....	218
8.4.2.1.	Ubicación de la máquina de corte por chorro de agua .....	218
8.4.2.2.	Mejora aplicada en el uso de la máquina waterjet .....	220
8.4.2.3.	Diagrama de flujo .....	221
8.4.2.4.	Stocks intermedios .....	228
8.4.2.5.	Safety stock .....	228
8.4.2.6.	Producción normal de un lote de 3.500 piezas .....	229
8.4.2.7.	Cambio de versión .....	230
8.4.3.	Sistemas de control de calidad .....	230
8.4.3.1.	Calibre de control verificación corte por chorro de agua .....	231
8.4.3.2.	Calibre de control .....	231

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.	
8.4.3.3.	Sistema de comprobación de las características de aislamiento térmico..... 231
8.5.	Definición del precio de venta de cada pantalla ..... 231
8.5.1.	Costes Fijos ..... 231
8.5.1.1.	Costes del proyecto de implantación y estudio ..... 232
8.5.1.2.	Costes de cambio de versión ..... 232
8.5.2.	Costes Variables ..... 232
8.5.2.1.	Materia prima ..... 232
8.5.2.2.	Mano de obra ..... 233
8.5.3.	Costes totales ..... 234
8.5.4.	Coste de venta de pieza ..... 234
9.	Estudio Económico ..... 235
9.1.	Presupuesto del estudio ..... 235
9.2.	Presupuesto de la implantación del proyecto ..... 235
9.3.	Presupuesto total del proyecto ..... 236
10.	Seguridad e Higiene ..... 237
10.1.	Prensas ..... 237
10.2.	Cizalla, torno, fresadora, máquina de electroerosión ..... 237
10.3.	Extintores ..... 237
10.4.	EPIs..... 237
10.5.	Botas de seguridad ..... 237
10.6.	Almacén ..... 238
11.	Análisis Medioambiental ..... 239
11.1.	Proceso de Fabricación..... 239
11.1.1.	Matrices de estampación en frío ..... 239
11.1.2.	Máquina de corte por chorro de agua..... 239
11.1.3.	Gestión de los residuos de producción ..... 240
11.1.4.	Control del scrap ..... 240
11.2.	Producto..... 240
11.3.	Certificación..... 240
12.	Conclusiones ..... 242
13.	Referencias. Bibliografía..... 244
13.1.	Páginas web..... 244
13.2.	Libros ..... 245

## Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de prensas hidráulicas.....	20
Tabla 2 Resumen de prensas mecánicas.....	20
Tabla 3 Resumen determinación de frecuencia para el mantenimiento preventivo de las matrices ...	29
Tabla 4 Leyenda para identificar cada muestra (A-E) con los gráficos siguientes.....	41
Tabla 5 Leyenda para identificar cada muestra (G-L) con los gráficos siguientes.....	41
Tabla 6 Resumen de ejemplos de software de simulación .....	55
Tabla 7 Resumen de ventajas de la tecnología de corte làser .....	58
Tabla 8 Definición del ETD para el proyecto .....	70
Tabla 9 Definición del ETD para el proyecto de estudio.....	72
Tabla 10 Diccionario del ETD del proyecto.....	76
Tabla 11 Diccionario del ETD del proyecto de estudio.....	80
Tabla 12 Resumen de los 10 CRM mejor considerados .....	98
Tabla 13 Resumen implicación económica ERP.....	100
Tabla 14 Resumen implicación económica ERP Oracle con integración de CRM .....	100
Tabla 15 Resumen costes softwares de simulación.....	105
Tabla 16 Resumen económico para cubrir un lote de piezas.....	109
Tabla 17 Resumen económico para cubrir un lote de piezas.....	109
Tabla 18 Resumen implicación económica para la construcción de matrices para el doblado de las aletas.....	111
Tabla 19 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores .....	112
Tabla 20 Resumen de la valoración de las opciones para la protección de cantos .....	113
Tabla 21 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de matrices .....	120
Tabla 22 Resumen implicación económica para la construcción de las matrices.....	122
Tabla 23 Resumen determinación de frecuencia para el mantenimiento preventivo de las matrices.....	122
Tabla 24 Resumen implicación económica total para la construcción de las matrices.....	124
Tabla 25 Valoración opción de matrices como proceso de fabricación .....	124
Tabla 26 Resumen implicación económica para la construcción de las dos primeras operaciones..	125
Tabla 27 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos primeras operaciones .....	126
Tabla 28 Resumen implicación económica para la construcción las últimas operaciones .....	127
Tabla 29 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores .....	127
Tabla 30 Resumen características técnicas máquinas de corte láser Trumpf TruLaser Cell 7040 y Trumpf TruLaser 8030. ....	132
Tabla 31 Resumen costes mantenimiento máquinas làser .....	132
Tabla 32 Resumen precios posicionador láser en función de calidad de acabados y calibre de control de corte .....	133
Tabla 33 Resumen precios posicionador láser y calibre de control de corte .....	133
Tabla 34 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de adquisición máquina corte làser .....	142
Tabla 35 Resumen económico opción compra máquina de corte láser.....	147
Tabla 36 Valoración opción de adquisición de máquina de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte.....	148
Tabla 37 Resumen implicación económica para las dos primeras operaciones.....	149
Tabla 38 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos primeras operaciones .....	150
Tabla 39 Resumen implicación económica para las últimas operaciones .....	151
Tabla 40 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores .....	151
Tabla 41 Resumen precios posicionador láser y calibre de control de corte .....	153
Tabla 42 Resumen costes proveedores de láser .....	154
Tabla 43 Resumen costes producción anual proveedores de láser.....	155
Tabla 44 Resumen costes producción total proveedores de láser.....	155
Tabla 45 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de subcontratación de corte láser .....	161
Tabla 46 Resumen económico opción compra máquina de corte láser.....	163



## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Tabla 47 Valoración opción de adquisición de máquina de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte .....	164
Tabla 48 Resumen implicación económica para las dos primeras operaciones .....	165
Tabla 49 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos primeras operaciones .....	166
Tabla 50 Resumen implicación económica para las últimas operaciones .....	167
Tabla 51 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores .....	167
Tabla 52 Datos técnicos máquina corte por chorro de agua RT1E .....	170
Tabla 53 Comparativa entre bomba de alta presión R50/4K y RS50/4K .....	171
Tabla 54 Resumen económico y de entrega de la máquina de corte por chorro de agua y la bomba de presión con el fabricante Desmasa .....	172
Tabla 55 Datos técnicos máquina corte por chorro de agua BP-C 4020 .....	173
Tabla 56 Datos técnicos de la bomba de presión para la máquina BP-C 4020 .....	173
Tabla 57 Resumen de mantenimientos de las máquinas waterjet .....	174
Tabla 58 Resumen precios posicionador para el corte por chorro de agua en función de calidad de acabados y calibre de control de corte .....	175
Tabla 59 Resumen precios posicionador corte por chorro de agua y calibre de control de corte .....	175
Tabla 60 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de matrices .....	182
Tabla 61 Resumen económico opción compra máquina de corte láser .....	186
Tabla 62 Valoración opción de adquisición de máquina de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte .....	187
Tabla 63 Resumen comparativa componentes de fijación .....	191
Tabla 64 Resumen implicación económica para la construcción de un útil manual de montaje de componentes .....	193
Tabla 65 Valoración opción útil manual de montaje de componentes .....	194
Tabla 66 Resumen implicación económica para la construcción línea automatizada montaje de componentes .....	195
Tabla 67 Valoración opción línea automática de montaje de componentes .....	196
Tabla 68 Resumen implicación económica para la construcción del calibre de control .....	198
Tabla 69 Valoración opción de matrices como proceso de fabricación .....	199
Tabla 70 Resumen de EPIs necesarios (Fuente imágenes: <a href="https://www.google.es/">https://www.google.es/</a> ) .....	200
Tabla 71 Resumen implicación económica para la construcción de un sistema de control para la verificación de los requisitos térmicos .....	201
Tabla 72 Valoración opción de matrices como proceso de fabricación .....	202
Tabla 73 Resumen de los 10 CRM mejor considerados .....	204
Tabla 74 VTP 1 .....	204
Tabla 75 VTP valores normalizados .....	205
Tabla 76 VTP criterios y pesos .....	206
Tabla 77 VTP resumen de resultados .....	207
Tabla 78 Resumen implicación económica ERP .....	208
Tabla 79 Resumen implicación económica ERP Oracle con integración de CRM .....	208
Tabla 80 Diagrama de Gantt del proyecto con las alternativas seleccionada .....	214
Tabla 81 Resumen forma de entrada de la materia prima .....	218
Tabla 82 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de adquisición máquina corte por chorro de agua .....	226
Tabla 83 Resumen de costes de materia prima .....	233
Tabla 84 Resumen presupuesto del estudio .....	235
Tabla 85 Resumen presupuesto de la documentación .....	235
Tabla 86 Presupuesto de la implantación .....	236
Tabla 87 Presupuesto total del proyecto .....	236

## Índice de gráficos

Gráfico 1 Aislamiento acústico en el aire para cada muestra según leyenda .....	42
Gráfico 2 Media coeficiente absorción para cada muestra según leyenda .....	42
Gráfico 3 Comparativa de la absorción acústica de diferentes materiales aislantes de Frenzelit .....	43
Gráfico 4 Relación de productos de aislamiento térmico Frenzelit, en función de su temperatura .....	44
Gráfico 5 Comparativa de la conductividad térmica de diferentes materiales aislantes de Frenzelit ..	44
Gráfico 6 Aceleraciones de motor en función de frecuencias para el eje X .....	87
Gráfico 7 Aceleraciones de motor en función de frecuencias para el eje Y .....	87
Gráfico 8 Aceleraciones de motor en función de frecuencias para el eje Z .....	88
Gráfico 9 Simplificación de los datos por el lado de la seguridad .....	88
Gráfico 10 Requerimientos de absorción acústica .....	92

## Índice de imágenes

Imagen 1 Mapa mundial.....	16
Imagen 2 Layout de la empresa. Escala 1:300 en DIN A4.....	22
Imagen 3 Layout de la empresa detallado. Escala 1:300 en DIN A4 .....	23
Imagen 4 Layout de la empresa. Detalle de las máquinas. Escala 1:300 en DIN A4 .....	24
Imagen 5 Layout de la empresa. Detalle de las prensas mecánicas. Escala 1:300 en DIN A4.....	25
Imagen 6 Layout de la empresa. Flujo de material. Escala 1:300 en DIN A4 .....	26
Imagen 7 Bobina en cuna de madera .....	27
Imagen 8 Diagrama corte de formatos desde bobina.....	28
Imagen 9 Esquema colocación cinta adhesiva en los cantos .....	29
Imagen 10 Ejemplo de calibre de control.....	31
Imagen 11 Logo IATF .....	32
Imagen 12 logo ISO .....	33
Imagen 13 Principales pantallas térmicas en un vehículo convencional .....	36
Imagen 14 Ejemplo de chapa gofrada .....	37
Imagen 15 Ejemplos de configuración chapa metálica y material aislante .....	38
Imagen 16 Ejemplos de configuración sandwich de dos chapas metálicas y material aislante.....	38
Imagen 17 Ejemplos de configuración chapa metálica y material aislante .....	39
Imagen 18 Ejemplos de configuración sandwich de dos chapas metálicas y material aislante .....	39
Imagen 19 Ejemplos de materiales aislantes .....	40
Imagen 20 Esquema funcionamiento de una pantalla térmica con configuración sandwich .....	46
Imagen 21 Capas de una pantalla con configuración sandwich.....	47
Imagen 22 Esquema funcionamiento de una pantalla acústica con configuración sandwich .....	48
Imagen 23 Capas de una pantalla con configuración sandwich.....	48
Imagen 24 Diagrama esquemático de la propagación del ruido .....	49
Imagen 25 Audi RS3 Sportback en cámara anecoica .....	50
Imagen 26 Coche en cámara anecoica Imagen de dominio público de Günter Nimtz .....	51
Imagen 27 Arandelas de malla de acero inoxidable (wire mesh washers) .....	53
Imagen 28 Arandelas de malla de acero inoxidable combinadas con otros componentes.....	53
Imagen 29 Ejemplo de pieza cortada por láser .....	59
Imagen 30 Esquema cabezal sistema waterjet .....	60
Imagen 31 Componentes principales para la instalación de un sistema de corte por chorro de agua	61
Imagen 32 Ejemplo de pieza cortada por chorro de agua.....	62
Imagen 33 Cinta adhesiva metálica .....	63
Imagen 34 Diagrama de flujo de la metodología a aplicar en el proyecto de estudio.....	64
Imagen 35 Diagrama de Análisis de la situación de partida.....	65
Imagen 36 Diagrama de la revisión del estado del arte .....	66
Imagen 37 Diagrama de Exposición de alternativas .....	67
Imagen 38 Diagrama de estudio de alternativas .....	68
Imagen 39 Resumen diagrama de Gantt con la planificación del proyecto de estudio.....	83

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Imagen 40 Resumen diagrama de Gantt con la planificación del proyecto .....	85
Imagen 41 Motor V8 TDI.....	86
Imagen 42 Diseño de la pantalla facilitado por cliente .....	89
Imagen 43 Esquema despiece de la pantalla .....	89
Imagen 44 Detalle marcaje .....	90
Imagen 45 Dealle de donde van los componentes ensamblados .....	90
Imagen 46 Detalle del tipo de componente .....	91
Imagen 47 Diseño de la pantalla facilitado por cliente con las zonas que deben de tener los cantos protegidos, resaltadas.....	93
Imagen 48 Logo reciclable .....	94
Imagen 49 Diagrama de Gantt para la implantación de un ERP.....	99
Imagen 50 FlowChart actividades desarrollo, situación inicial .....	101
Imagen 51 Diagrama de Gantt. Situación inicial fase de desarrollo .....	101
Imagen 52 FlowChart actividades desarrollo, propuesta.....	102
Imagen 53 Diagrama de Gantt fase de la fase de desarrollo, propuesta .....	105
Imagen 54 Diagrama de Gantt implantación softwares de simulación.....	106
Imagen 55 Cinta adhesiva de aluminio .....	107
Imagen 56 Cinta adhesiva de aluminio ancho de 2,5 cm .....	108
Imagen 57 Perímetro de las zonas a proteger de la pieza .....	108
Imagen 58 Esquema canto de la pieza cortada.....	110
Imagen 59 Esquema canto de la pieza con las aletas dobladas a 90º .....	111
Imagen 60 Esquema canto de la pieza con las aletas dobladas a 180º .....	111
Imagen 61 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores .....	112
Imagen 62 Planificación en diagrama de Gantt para el diseño y construcción de matrices .....	114
Imagen 63 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior.....	116
Imagen 64 Diagrama estación 2 - estampador capa superior + marcaje.....	116
Imagen 65 Diagrama estación 3 - sandwich + corte perimetral .....	117
Imagen 66 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90º.....	118
Imagen 67 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180º.....	118
Imagen 68 Diagrama estación 6 - punzonador.....	119
Imagen 69 Diagrama de flujo para la producción con matrices.....	121
Imagen 70 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones previas .....	126
Imagen 71 Resumen de actividades de la fase con su duración .....	126
Imagen 72 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores .....	127
Imagen 73 Resumen de actividades de la fase con su duración .....	128
Imagen 74 Máquina corte láser TruLaser Cell 7040.....	129
Imagen 75 Máquina corte láser TruLaser Cell 8030.....	130
Imagen 76 Máquina corte láser TruLaser Cell 8030 – dimensiones instalación .....	130
Imagen 77 Resumen diagrama de Gantt adquisición máquina de corte láser.....	135
Imagen 78 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior.....	137
Imagen 79 Diagrama estación 2 - estampador capa superior.....	137
Imagen 80 Diagrama corte láser de la capa inferior.....	138
Imagen 81 Diagrama corte láser de la capa superior.....	139
Imagen 82 Diagrama estación 3 - sandwich (juntar) capa inferior, material aislante y capa superior.....	140
Imagen 83 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90º.....	141
Imagen 84 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180º + punzonar .....	141
Imagen 85 Diagrama de flujo para la producción con matrices y adquisición de máquina de corte láser – parte matrices .....	144
Imagen 86 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte láser – parte máquina de corte láser capa superior.....	145
Imagen 87 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte láser – parte máquina de corte láser capa inferior.....	146
Imagen 88 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones previas .....	150
Imagen 89 Resumen de actividades de la fase con su duración .....	150
Imagen 90 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores .....	151
Imagen 91 Resumen de actividades de la fase con su duración .....	152
Imagen 92 Proveedores láser cerca de Terrassa .....	154

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Imagen 93 Resumen diagrama de Gantt subcontratación de corte làser .....	156
Imagen 94 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior .....	158
Imagen 95 Diagrama estación 2 - estampador capa superior + marcaje .....	158
Imagen 96 Diagrama estación 3 - sandwich (juntar capas) capa inferior, material aislante y capa superior .....	159
Imagen 97 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90° .....	160
Imagen 98 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180° + punzonador .....	160
Imagen 99 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte láser subcontratado – parte matrices .....	162
Imagen 100 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones previas .....	166
Imagen 101 Resumen de actividades de la fase con su duración .....	166
Imagen 102 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores .....	167
Imagen 103 Resumen de actividades de la fase con su duración .....	168
Imagen 104 Máquina corte por chorro de agua 3D RT1E .....	169
Imagen 105 Bomba de alta presión R50/4K .....	170
Imagen 106 Bomba de alta presión RS50/4K .....	171
Imagen 107 Máquina de corte por chorro de agua 3D TCI cutting BP-C 4020 con sistema de bomba a la izquierda .....	172
Imagen 108 Resumen diagrama de Gantt adquisición máquina de corte por chorro de agua .....	176
Imagen 109 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior .....	178
Imagen 110 Diagrama estación 2 - estampador capa superior .....	178
Imagen 111 Diagrama corte por chorro de agua .....	179
Imagen 112 Diagrama estación 3 - sandwich (juntar capas) capa inferior, material aislante y capa superior .....	180
Imagen 113 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90° .....	181
Imagen 114 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180° + punzonar .....	181
Imagen 115 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte por chorro de agua – parte matrices .....	184
Imagen 116 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte por chorro de agua – parte máquina de chorro de agua .....	185
Imagen 117 Componentes opción 1-A .....	188
Imagen 118 Componentes opción 1-B .....	189
Imagen 119 Componentes opción 2 (spring washer) .....	189
Imagen 120 Componentes opción 3 Arandelas de malla de acero inoxidable (wire mesh washers) .....	189
Imagen 121 Arandelas de malla de acero inoxidable combinadas con otros Componentes .....	190
Imagen 122 Diagrama ensamblaje de componentes .....	191
Imagen 123 Sistema de montaje componente opción 1 y 2 .....	192
Imagen 124 Sistema de montaje componente opción 3 .....	192
Imagen 125 Resumen diagrama de Gantt construcción útil manual montaje de componentes .....	193
Imagen 126 Resumen diagrama de Gantt construcción línea automatizada montaje de Componentes .....	195
Imagen 127 Resumen diagrama de Gantt construcción calibre de control .....	198
Imagen 128 logo del CRM amoCRM .....	207
Imagen 129 logo de Oracle .....	215
Imagen 130 logo del CRM amoCRM .....	215
Imagen 131 FlowChart actividades desarrollo, solución .....	216
Imagen 132 Ubicación de la máquina de corte por chorro de agua en la empresa .....	219
Imagen 133 Diagrama corte formatos en plano – Estación 0 .....	222
Imagen 134 Diagrama estampación formatos capa inferior – Estación 1 .....	223
Imagen 135 Diagrama estampación formatos capa superior + marcaje – Estación 2 .....	223
Imagen 136 Diagrama sandwich juntar capas – Estación 3 .....	224
Imagen 137 Diagrama doblar aletas a 90° - Estación 4 .....	225
Imagen 138 Diagrama doblar aletas a 180° + punzonar - Estación 5 .....	225
Imagen 139 Diagrama producción estaciones bajo prensa mecánica .....	227
Imagen 140 Contaminación acústica .....	239
Imagen 141 Contaminación acústica .....	240
Imagen 142 Logo ISO .....	241

# 1. Introducció

## 1.1. Resumen y Abstract

El presente proyecto, se basa en el estudio de la organización de la fase de desarrollo, así como de la fase de producción para la fabricación de un elemento de apantallamiento a nivel térmico, acústico y de vibraciones para una empresa del sector de la automoción.

Se analizarán los requerimientos en base a una necesidad de cliente con respecto al producto enfocado para un tipo de motor de combustión, con el fin de mejorar los aspectos organizativos de la empresa, especialmente en las fases de desarrollo y producción.

Por otro lado, se estudiarán diferentes sistemas para garantizar una mejora en la organización y gestión de actividades y/o recursos de la empresa; así como, tecnologías mediante las cuales, poder ofrecer un sistema de producción más eficiente y flexible, teniendo en cuenta las necesidades tanto de la empresa como del cliente final.

Se realizará una selección de las alternativas propuestas para tomar la elección que mejor se adapte a los requerimientos. Por último, se desarrollará la solución y se presentará un estudio económico y medio ambiental de la misma.

This project is based on the study from the organization of the development phase, as well as, the production phase for the manufacturing of an insulated item concerning temperature, noise and vibration for an automotive sector company.

The requirements will be analyzed considering the necessity of the customer respect to the product, which is focalized for a concrete kind of combustion engine, with the finality of improving the organization aspects from the company, especially on the development and production phases.

Moreover, different systems will be studied to guarantee an improvement on the organization and management of activities and resources of the company; such as, technologies to be able to offer an efficient and flexible production system, taking in consideration the customer and the company necessities.

A selection of the proposed alternatives will be performed to take the best decision to be adapted regarding the requirements. Finally, the solution will be developed, and an economic and environmental study will be presented.



## 1.2. Objeto

El objetivo de este proyecto es analizar la situación de la empresa a partir de una necesidad emergente de un cliente de la misma, con el fin de proponer mejoras organizativas de carácter general y en concreto para las fases de desarrollo y fabricación del producto.

En el proyecto se presenta el requerimiento de un cliente para dar cobertura a un problema de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones para un motor de automoción. Además, se aprovecha para realizar un estudio de la actividad de la empresa, así como de recursos y sistemas de fabricación. A partir de los datos recogidos, se elabora una revisión del estado del arte, que, conociendo los intereses de cliente y empresa, permite focalizar las tecnologías a investigar. En base a ésta, se estudian diferentes tecnologías con el fin de implantar novedades en la empresa, que impliquen mejoras en su actual sistema de producción.

También se estudian soluciones para mejorar la gestión y organización de una empresa en un sector muy exigente.

## 1.3. Justificación

Tomando en consideración que el sector de la automoción y el mercado en rasgos generales se encuentra en constante cambio, es imprescindible identificar oportunidades, así como satisfacer las necesidades del sector. Para ello, es muy importante proporcionar soluciones eficientes, con una alta productividad y flexibilidad. Mediante procesos eficaces y una correcta gestión especializada, se puede lograr encontrar las soluciones más adecuadas para una necesidad emergente.

## 1.4. Alcance

A continuación, se determina qué puntos quedan incluidos dentro del alcance del proyecto.

- Análisis de elementos de apantallamiento a nivel térmico, a nivel acústico y a vibraciones.
- Análisis de las tecnologías involucradas en la mejora de los productos, tales como las simulaciones o los ensayos.
- Análisis de las tecnologías disponibles en el mercado para procesos de fabricación.
- Estudio de la actividad de la compañía.
- Estudio de la necesidad del cliente
- Estudio del proceso de fabricación y su factibilidad.
- Estudio de recursos para el desarrollo del proyecto de la pantalla aislante.
- Estudio de la organización y gestión de la producción de la pantalla.
- Presupuesto para el proyecto de estudio.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

- Presupuesto para el proyecto de implantación.
- Estudio económico de la implantación de la producción de la pantalla.
- Estudio del impacto ambiental generado.

### 1.5. Requerimientos / Especificaciones

En cuanto a las especificaciones básicas del proyecto, a continuación, se describen una serie de condiciones para tener en cuenta para su correcto desarrollo:

- Todas las propuestas estarán directa o indirectamente comprometidas con la sostenibilidad del medioambiente.
- Todas las propuestas deberán de cubrir las necesidades del cliente y aportar beneficios para éste, así como para el cliente o usuario final.
- La propuesta de fabricación deberá de ir en línea con los intereses y actividades de la empresa.
- El producto deberá de cumplir con todos los requerimientos térmicos, acústicos y de absorción de vibraciones, establecidos.
- El coste total del proyecto no debe superar el 1.000.000 €.

## 2. La Empresa

Se trata de una empresa que se dedica como actividad principal a la producción de pantallas térmicas de diversos tipos para el sector de la automoción. No únicamente con aplicaciones térmicas, sino que, también se lleva a cabo la producción de pantallas de aislamiento acústico y de vibraciones.

La segunda actividad de la misma, se centra en compactar la chatarra sobrante de los procesos productivos y venderla.

Con respecto a la producción de pantallas, a grandes rasgos, la empresa tiene recursos para desarrollar el diseño y desarrollo de las mismas, llevar a cabo el diseño, construcción y puesta a punto de los utillajes para producirlas y su correspondiente embalaje y expedición a cliente.

### 2.1. Historia y actividad

Se trata de una compañía con una antigüedad de 30 años. Su historia se remonta a un pequeño taller a mediados de los 80. Tras una década en la que el negocio prosperó sustanciosamente, la compañía abrió una planta de producción.

La empresa ha tenido un crecimiento muy amplio y a principios de los 2000, la compañía era capaz de proporcionar una línea completa de productos de protección térmica para el sector de la automoción.



*Imagen 1 Mapa mundial*

(Fuente: <https://www.imagenesmy.com/imagenes/healthy-blue-zones-map-6e.html>)

Con el fin de satisfacer una demanda a internacional, cada vez más exigente y cuantiosa, la compañía decidió expandirse abriendo otras plantas para estar presente y dar cobertura a los tres mercados industriales principales: Europa, Asia y Norte América.



## 2.2. Organigrama. Recursos de personal

La empresa está formada por los siguientes departamentos y recursos, los cuales intervienen en las diferentes fases del proyecto.

### **Dirección General**

Compuesta por los inversores y CEO de la compañía.

### **Departamento de RD+I**

El departamento de RD+I está dividido en tres grandes grupos: diseño del producto, desarrollo del producto e innovación.

La parte de diseño del producto, se encarga de factibilizar cad's de piezas facilitadas por cliente o de diseñar pantallas factibles considerando unas condiciones de entorno. Además, se encargan de definir el proceso productivo, número de estaciones y operaciones en cada una de ellas, para llevar a cabo la fabricación del producto. Por último, el equipo de diseño del producto, lleva a cabo el archivo con la información de las superficies con las cuales se deberán mecanizar cada una de las estaciones.

El equipo de desarrollo se encarga de realizar los estudios y de definir material, espesor y condiciones (liso o gofrado), con el fin de cumplir con los requerimientos mínimos que debe de garantizar el producto. A su vez, se encarga de realizar los ensayos pertinentes que aseguren la validación de la pantalla.

El grupo de innovación tiene diferentes responsabilidades, entre ellas, está la de realizar un estudio y seguimiento exhaustivo de la evolución del coche eléctrico y del impacto que éste puede tener sobre el negocio de la empresa. Además, se encarga de la búsqueda de nuevas tecnologías y mejoras novedosas a implementar.

### **Oficina Técnica**

El equipo de oficina técnica se encarga de diseñar las estaciones o matrices para llevar a cabo el proceso de fabricación del producto. El proceso, así como la información de las superficies que deberán de tener cada una de las estaciones, viene dado por departamento de RD+I.

Este departamento, lleva a cabo el diseño considerando que se debe de garantizar que las estaciones sean montables como mínimo en dos prensas. Generalmente se define una prensa principal para la producción de un productor, y se define como mínimo otra más, como prensa alternativa.

### **Compras de Utillajes**

El departamento de compras de utillajes se encarga de gestionar y realizar el seguimiento correspondiente durante la fase de construcción de las matrices y utillajes. La construcción de éstas se lleva a cabo fuera de la empresa, mediante la contratación de terceros. Se trata de un equipo técnico que, entre otras funciones, realiza un check-list para la validación de los utillajes y su liberación en proveedor.

### **Compras de materia prima y componentes**

El departamento de compra de materia prima, lleva a cabo la gestión de compra de los materiales necesarios para la producción de las pantallas.

### **Logística y Almacén**

Logística se encarga de gestionar las entradas y salidas de mercancía; así como de los productos y materiales en stock. Almacén a su vez, queda gestionado por Logística.

### **Calidad**

El departamento de Calidad, se encarga de la gestión de las validaciones de pieza con el cliente final y de garantizar que, durante las producciones, los productos cumplen con los requisitos establecidos. Estas tareas son llevadas a cabo por los ingenieros de calidad, junto con los técnicos de calidad.

Entre otras funciones, también se encargan de realizar los controles de calidad a la recepción de la materia prima para comprobar que la compra se ha efectuado correctamente.

### **Mantenimiento**

El departamento de mantenimiento se encarga de garantizar el correcto funcionamiento de todos los recursos de maquinaria de los que dispone la empresa. Además, son los encargados de llevar a cabo los mantenimientos preventivos de la maquinaria.

El equipo está compuesto básicamente por eléctricos, mecánicos y el personal de gestión y compra de recambios.

### **Mantenimiento de utillajes**

El departamento de mantenimiento de utillajes, se encarga de garantizar un funcionamiento correcto de las matrices y utillajes de la empresa. Llevan a cabo las puestas a punto, ajustes y actuaciones necesarias para cada uno de los procesos.

## **Producción**

Desde el departamento de producción se lleva a cabo la planificación de los procesos que deben entrar a producir cada semana con el fin de garantizar todas las entregas pactadas con los clientes.

Producción dispone de ingenieros de proceso, planificador de las actividades de producción, coordinador y jefe de turno para los tres turnos productivos.

## **Departamento Comercial**

El departamento comercial se encarga de la comunicación directa con cliente para ofrecer nuestros servicios e informarle de las situaciones de cada proyecto. El departamento comercial se divide principalmente en dos figuras: jefe de ventas o sales manager y jefe de producto o Project manager. Los primeros, son los encargados de la negociación en términos económicos de la venta de los productos con cliente. Los segundos, se focalizan en supervisar las actividades correspondientes a un proyecto concreto.

## **Prototipos**

El departamento de prototipos lleva a cabo toda la fase de producción de los prototipos. Como si se tratase de un proyecto de serie, RD+I se encarga de la factibilización del cad y de la definición del proceso productivo, oficina técnica se encarga del diseño de matrices y compras de utillajes, de la gestión de compra y construcción.

Como comentario adicional, el corte de las piezas que se producen en la fase de prototipos, se realiza a láser en una empresa externa.

## **2.3. Maquinaria**

La empresa consta de distintos recursos de maquinaria para llevar a cabo sus actividades. Son los que se citan a continuación:

### **Prensa hidráulica**

La empresa dispone de dos prensas hidráulicas en sus instalaciones, según la tabla siguiente. Se emplean principalmente, para realizar ajustes y validaciones, antes de realizar pruebas bajo prensa mecánica.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Código interno	Denominación	Familia	Fuerza [Tn]
1008	LÄPPLE TV-2500D	Hidráulica	50
1009	CAMP 1	Hidráulica	150

*Tabla 1 Resumen de prensas hidráulicas*

### Prensa mecánica

La empresa tiene un número importante de prensas mecánicas, ya que es el recurso principal de maquinaria mediante el cual, lleva a cabo las producciones. A continuación, se presenta una tabla resumen con todo el listado:

Código interno	Denominación	Familia	Fuerza [Tn]
1001	Arisa 1	Arisa 400 Progressive	400
1002	Inver 180	160 Automatic	180
1003	Schuler 350	M400	350
1004	Clearing 1	M400	250
1005	Krupp 1	M500	500
1007	Krupp 2	M500	500

*Tabla 2 Resumen de prensas mecánicas*

### Línea de corte

La empresa tiene una línea de corte en la que realizan todos los cortes de formatos a partir de las bobinas almacenadas.

### Maquinaria de mantenimiento y producción

Otro recurso importante es la cizalla. A partir de la cual, se pueden cortar formatos a la medida deseada, en caso de necesitar realizar pruebas con formatos de diferente tamaño.

### Maquinaria de almacén

Almacén dispone de tres toros con capacidad de 6 Tn.

### **Maquinaria de taller de utillajes**

Taller de utillajes, dispone de un torno de control numérico, una fresadora de control numérico, una máquina de electroerosión, una rectificadora y un taladro.

### **Recursos de calidad**

El departamento de calidad, concretamente en metrología, disponen de una máquina de medición tridimensional.

### **Recursos generales**

En taller de utillajes, taller de mantenimiento, almacén de bobinas y algunos puntos de producción, se dispone de un sistema de puentes grúa con una capacidad de carga máxima de 20 Tn.

## 2.4. Layout de la empresa

A continuación, se presenta un layout con la ubicación de los recursos productivos presentados en el apartado anterior.

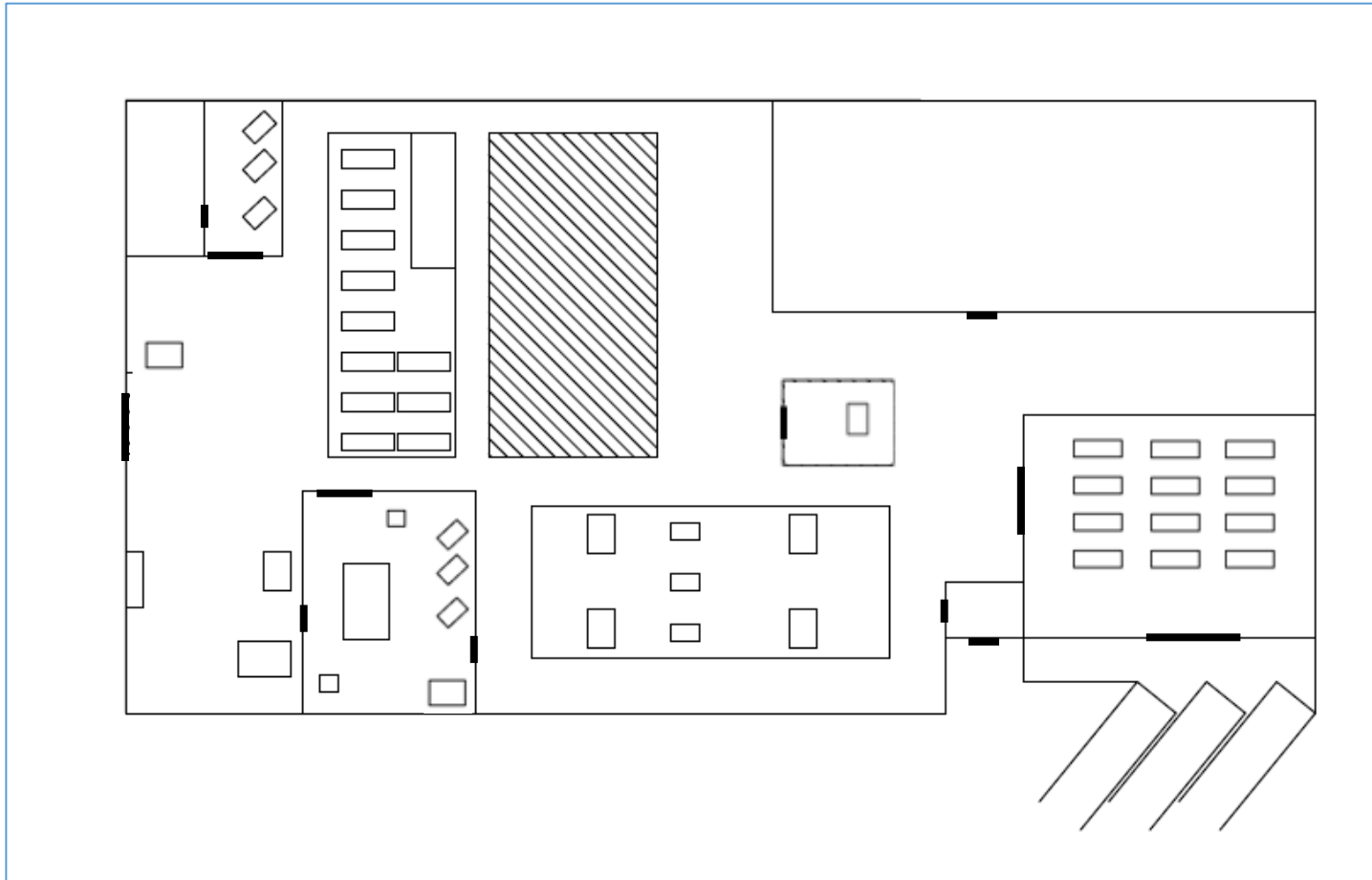


Imagen 2 Layout de la empresa. Escala 1:300 en DIN A4

A continuación, se detalla a qué corresponde cada zona. El área rallada corresponde a una zona de espacio libre en la compañía.

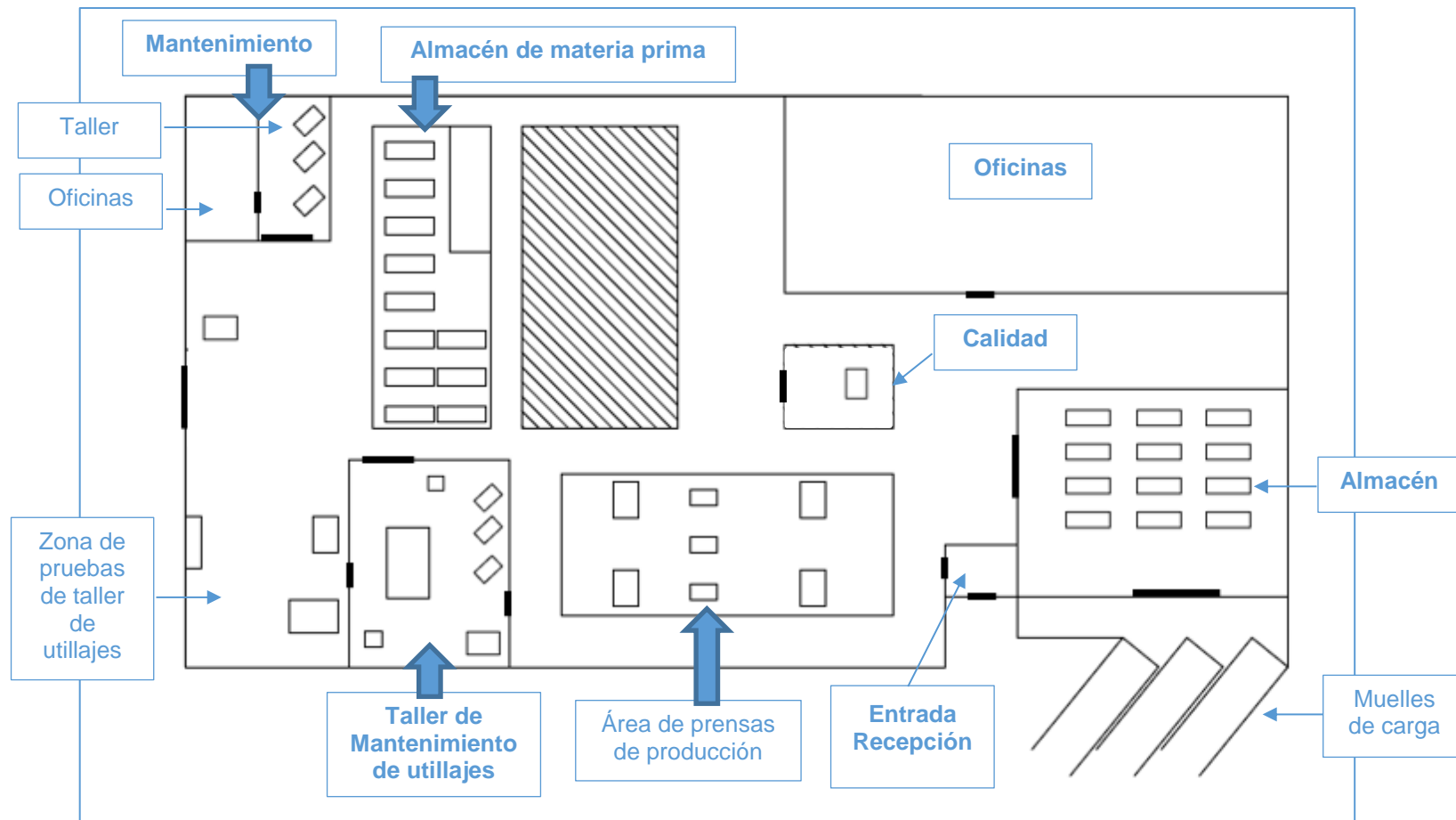


Imagen 3 Layout de la empresa detallado. Escala 1:300 en DIN A4

Las máquinas según las tablas anteriores, son las siguientes:

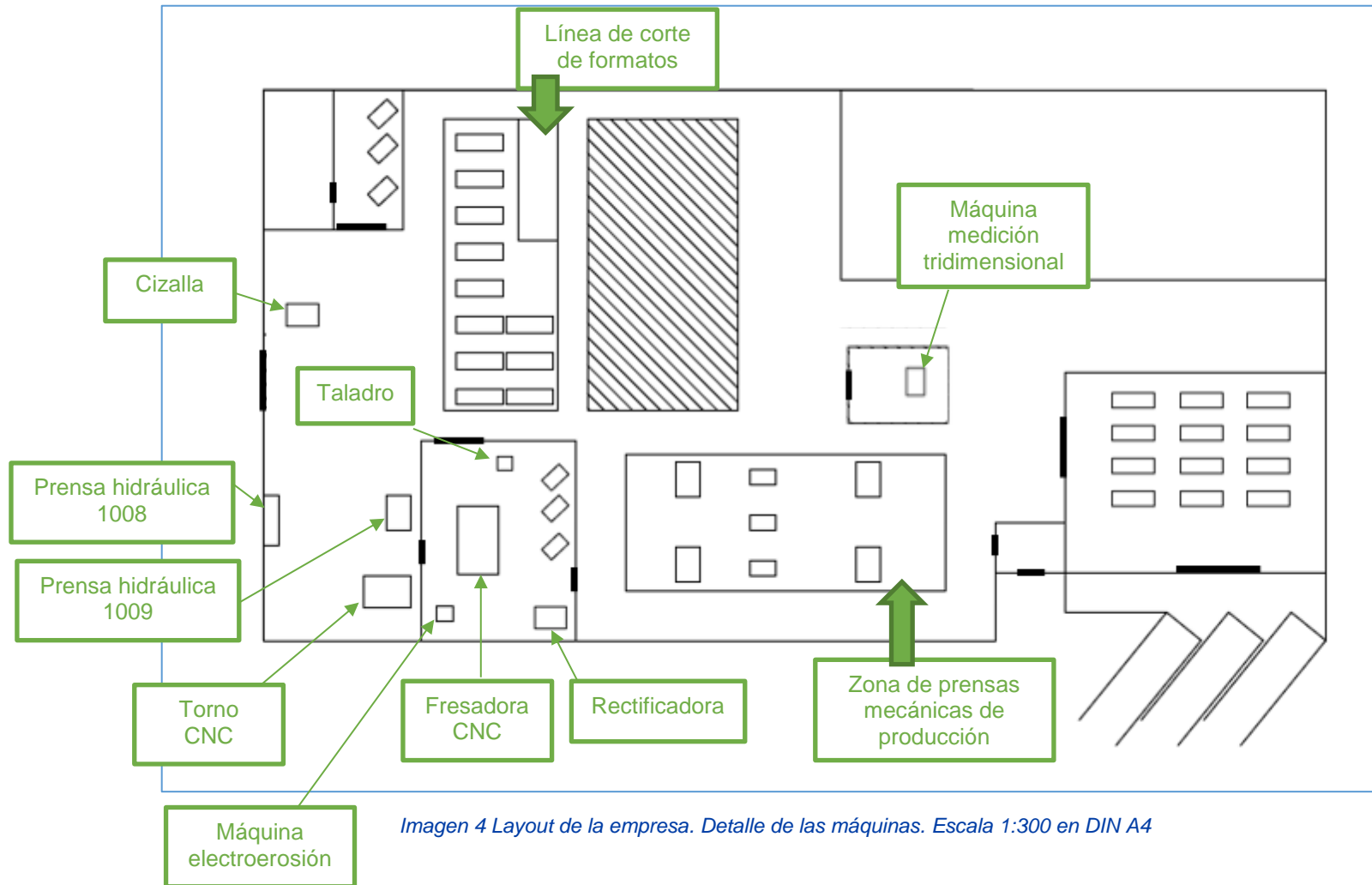
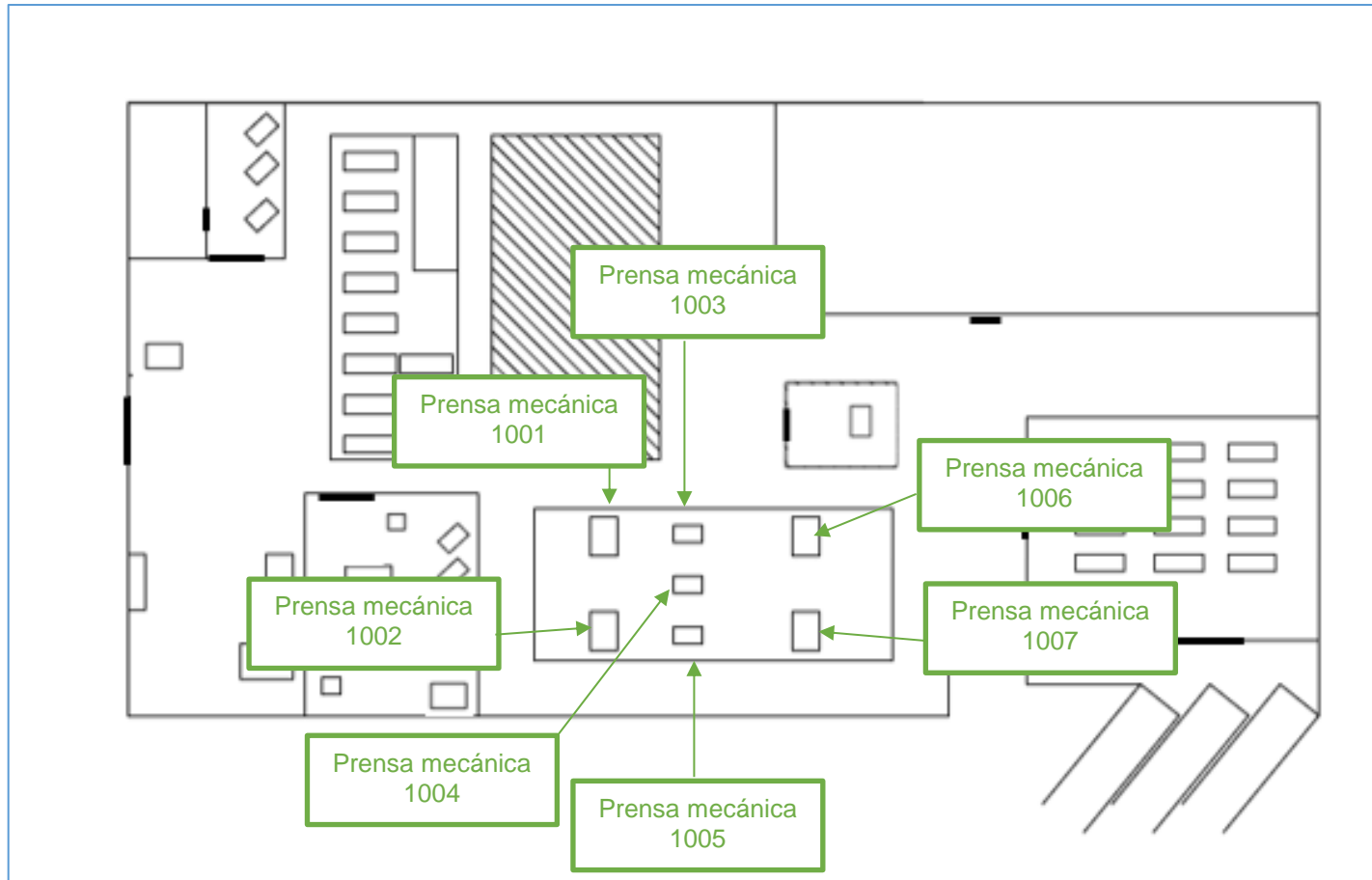


Imagen 4 Layout de la empresa. Detalle de las máquinas. Escala 1:300 en DIN A4



En el siguiente esquema, se definen las prensas mecánicas de producción:



*Imagen 5 Layout de la empresa. Detalle de las prensas mecánicas. Escala 1:300 en DIN A4*

### 2.4.1. Flujo del material

Este es el flujo que realiza el material, desde la llegada de materia primera, almacenamiento, hasta su producción y posterior salida.

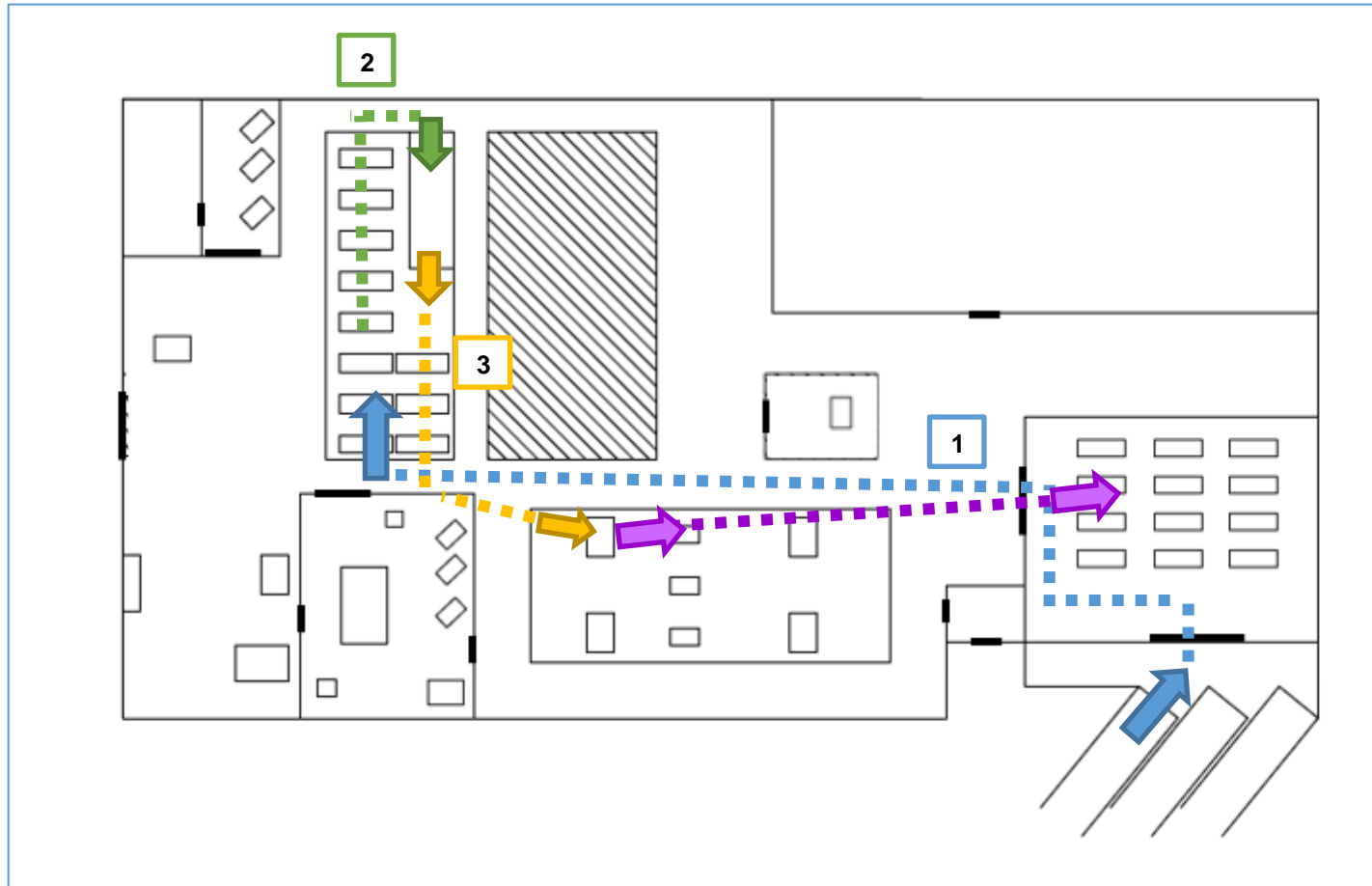


Imagen 6 Layout de la empresa. Flujo de material. Escala 1:300 en DIN A4

Dado el flujo anterior, a continuación, se explica detalladamente, las fases del mismo. Como detalle, cabe mencionar que la compañía emplea el método FIFO para la gestión de materia prima.

### **Color azul**

Todo el flujo marcado en azul, representa la recepción de la materia primera. Se descarga por los muelles de carga, pasa por la zona de almacén y se almacena en el almacén de materia prima junto a la línea de corte de formados.

La bobina se entrega con su correspondiente cuna de madera para que se pueda almacenar correctamente.



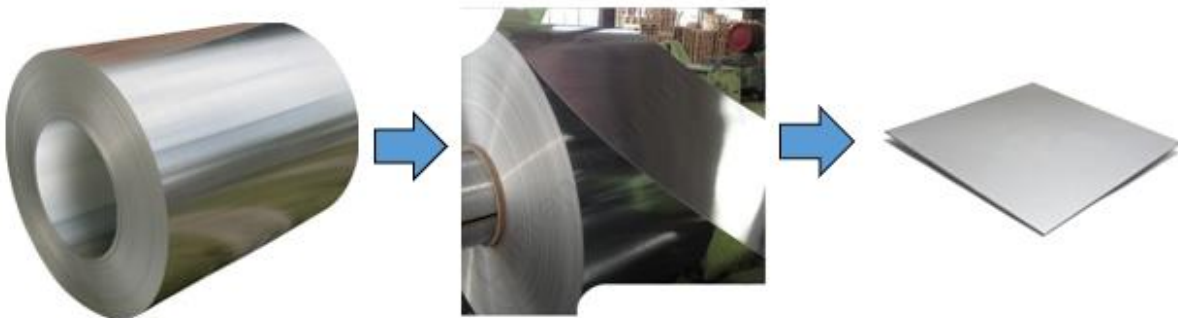
*Imagen 7 Bobina en cuna de madera*

(Fuente: <http://spanish.aluminiumdiscs.com/sale-7519238-0-2mm-0-3mm-0-4mm-thin-aluminium-coil-alloy-aluminum-sheet.html>)

### **Color verde**

El flujo de color verde, representa el proceso de corte de formatos. Se recoge la bobina de su ubicación correspondiente mediante el puente grúa y se coloca en la línea de corte para cortar los formatos necesarios según la petición de producción.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 8 Diagrama corte de formatos desde bobina*

### **Color amarillo**

El color amarillo, representa el transporte de los formatos ya cortados en la línea de corte y transportados a la prensa de producción en la que se vaya a llevar a cabo la fabricación en cuestión.

### **Color lila**

El flujo de color lila, representa ya el producto finalizado, después de pasar por todas las operaciones. Desde que sale de la última estación en la línea de producción, hasta que se almacena en el almacén, en la zona de producto acabado.

## **2.5. Procesos de fabricación habituales**

La empresa lleva a cabo su actividad empleando matrices específicas para cada producto. Generalmente, para producir una pantalla, se requiere de 2 matrices que van colocadas bajo la misma prensa y que trabajan a la vez.

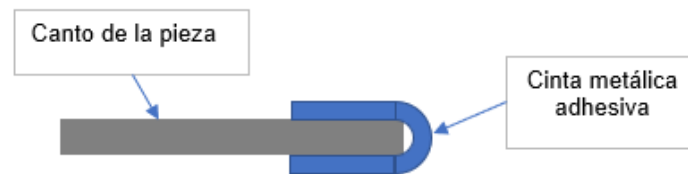
Las 2 estaciones o matrices con el proceso habitual, son:

- Estación 1: Conformado de la chapa.
- Estación 2: Corte de la chapa.

Dado que los productos de la empresa son de espesores bastante bajos (entre 0,3 y 0,8 mm), la mayoría de los clientes exigen que los cantos del material vayan protegidos para poder manipular las piezas con seguridad y que estas, no supongan un peligro para el operario.

Para ello, la empresa colocar una cinta metálica adhesiva, (generalmente de aluminio), que cubre los cantos de la pieza, de acuerdo con el esquema siguiente:

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 9 Esquema colocación cinta adhesiva en los cantos*

Los tiempos de ciclo habituales con matrices para cada tipo de procesos, son:

- Procesos manuales: 180 pcs/h
- Procesos automáticos: 720 pcs/h

El tiempo de ciclo del proceso de colocación de cinta, depende directamente del tamaño de la pieza y de cuántas zonas del contorno deben de llevar la cinta colocada. Pero, para una pieza de un tamaño aproximado de 500mm x 550mm (tamaño de formato en 2D) el crono es:

- Colocación de cinta: 9 pcs/h

### 2.5.1. Mantenimiento de los utillajes

Las matrices empleadas en la compañía, requieren de un mantenimiento que se realiza en función de los golpes que han ido acumulando. El concepto golpes, hace referencia a cuantas veces ha bajado y subido la prensa con la matriz montada. En un proceso de 4 matrices, empleando como ejemplo el proceso típico, las 4 estaciones acumulan el mismo número de golpes, ya que trabajan todas en la misma prensa y a la vez.

Los mantenimientos dependen de si el proceso es automático o manual y del material de la pieza, tomando en consideración que materiales como los aceros son más abrasivos para las estaciones empleadas.

La frecuencia de realización del mantenimiento preventivo, viene dada por la tabla siguiente, en la que, las unidades son golpes tanto en la nominal, como en la tolerancia:

	Manual	Transfer	Progresivo
<b>Aluminio</b>	80.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000
<b>Acero</b>	80.000 ± 20.000	80.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000
<b>Acero inoxidable</b>	80.000 ± 20.000	80.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000

*Tabla 3 Resumen determinación de frecuencia para el mantenimiento preventivo de las matrices*

## 2.6. Validación y aceptación del producto. PPAP

Una vez que, el departamento de desarrollo ha llevado a cabo todos los ensayos y tests que solicita cliente para garantizar que el producto es totalmente funcional, se presentan 5 piezas con toda la documentación, así como con su correspondiente informe dimensional, para cliente.

Estas piezas se denominan PPAP, Production Part Approval Process, y se entregan al cliente como muestra de que todos los requerimientos solicitados se han cumplido y de que la empresa se encuentra en condiciones de poder inicial la producción en serie para ese producto.

Una vez entregada la aceptación del PPAP, únicamente se realizan validaciones encima del calibre de control periódicamente, pero no se vuelven a medir piezas ni a realizar ensayos, salvo que se entregue una reclamación de cliente.

## 2.7. Sistemas de comprobación y control del producto. Control de calidad

Como principal sistema de comprobación del producto, se emplean galgas de control como la que se expone a continuación:

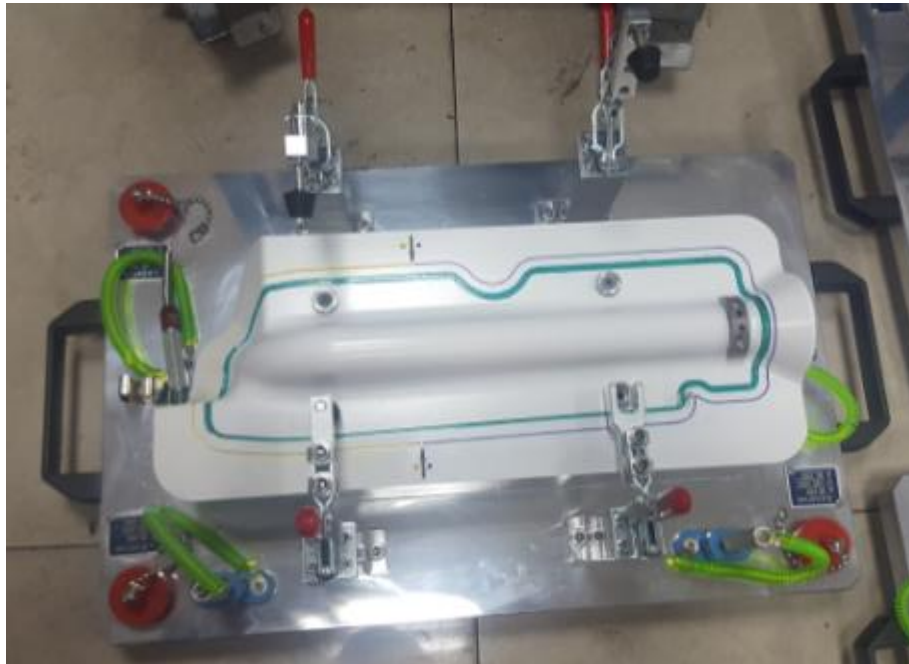
La línea verde, permite tener un control visual del contorno y verificar si éste se encuentra dentro o fuera de la tolerancia, ya que, la línea verde está mecanizada con el ancho de la tolerancia. (Por ejemplo, si el producto tiene una tolerancia de contorno de  $\pm 3$  mm, la línea estará mecanizada con un ancho de 6 mm). Para verificar el contorno correctamente, hay que posicionarse de manera que el punto a revisar este en perpendicular al chequeador, dependiendo de la geometría de la pieza a validar, no es necesariamente correcto mirar la pieza en Z para verificarla, dependerá de su geometría.

La línea negra es meramente informativa y sirve para identificar rápidamente las zonas de la pieza que deben de llevar rebordado.

También se emplean manetas, pasadores y pasadores pasa-no pasa. Como expuesto, se trata de un método de verificación meramente visual.

### 2.7.1. Uso del calibre de control

El método de uso del calibre de control expuesto, es el siguiente: se coloca la pieza sobre el calibre y se procede a colocar todas las manetas. Una vez se han fijado todas las manetas y la pieza está fijada, se procede a poner los pasadores. Éstos deben ponerse por el orden marcado (van numerados), ya que simulan las condiciones de montaje de cliente.



*Imagen 10 Ejemplo de calibre de control*

En ocasiones, si los requerimientos de pieza así lo requieren, además de mecanizar la línea de contorno con el ancho de la tolerancia (línea verde), también pueden mecanizarse líneas meramente informativas, como las que están circundantes a la verde, en amarillo y azul oscuro. En el caso del ejemplo, es para indicar que las tolerancias de superficie son diferentes, dependiendo del color. Además, se incorporan dos pasadores pasa-no pasa adicionales e identificados con el mismo código de colores (amarillo o azul) para controlar correctamente las tolerancias de superficie en cada zona.

Una vez se ha fijado la pieza en el calibre mediante las manetas, se emplea el pasador pasa-no pasa para validar todo el contorno de pieza. En casos necesarios y dependiendo de los requerimientos de cliente, también se emplean pasadores especiales para los taladros, que actúan como pasadores pasa- no pasa.

Tal y como se ha expuesto, el único sistema de verificación o de control, es el empleo del calibre de control.

## 2.8. Certificación de la empresa

En la actualidad, la empresa dispone de la siguiente certificación para llevar a cabo su actividad:

### IATF 16949

Certificación en Sistemas de Gestión de la Calidad en la Industrial del Automóvil.

Es la norma de sistemas de gestión de la calidad (SGC) específica para la industria del automóvil, basada en la norma internacional de SGC, ISO 9001. El objetivo principal de la IATF 16949:2016 es el desarrollo de un sistema de gestión de calidad que asegura una mejora continua, haciendo hincapié en la prevención de errores y en la reducción de la variación de los residuos en la cadena de suministro automotriz.

Se ha convertido en un requisito esencial para cualquier organización cuya actividad se desarrolla en el sector de la automoción y que forma parte de la cadena de suministro de la fabricación de automóviles. Muchos de los principales fabricantes de sector, hacen de esta certificación un requisito contractual para sus proveedores.



*Imagen 11 Logo IATF*

(Fuente: <https://www.hsv-pi.nl/en/hsv-polska-achieves-iso-ts-169492016-certification/logo-iatf-2-2/>)

### ISO 9001

Sistemas de Gestión de la Calidad.

La norma ISO 9001:2015 es la base del sistema de gestión de calidad (SGC). Es una norma internacional que se focaliza en todos los elementos de la gestión de la calidad con los que la empresa debe contar para tener un sistema efectivo que permita administrar y mejorar la calidad de sus productos y/o servicios.



## ISO 14001

Sistemas de Gestión Ambiental.

La norma ISO 14001:2015 es la norma internacional de sistemas de gestión ambiental (SGA), que ayuda a la organización a identificar, priorizar y gestionar los residuos ambientales como parte de sus prácticas de negocios habituales.



*Imagen 12 logo ISO*

*(Fuente: <http://sirse.info/nueva-norma-iso-para-gestion-de-comunidades/>)*

## ISO-TS 16949

Certificación Automotriz

La ISO-TS 16949, es una especificación técnica basada en la ISO 9001, se trata de la definición de requisitos del sistema de calidad para la cadena de suministro de la industria automotriz.

## OSHAS 18001

Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo

OSHAS 18001 corresponde a una norma británica reconocida internacionalmente que establece los requisitos necesarios para la implantación de un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en aquellas organizaciones que voluntariamente lo deseen.

Dicho sistema de gestión está orientado a la identificación de riesgos y a su control, así como a la adopción de las medidas necesarias para prevenir la aparición de accidentes

## 2.9. Problemas actuales de la empresa

Expuesta la actividad de la empresa, cabe destacar las deficiencias y problemas más relevantes que ésta sufre en la actualidad.

### 2.9.1. Organizativos

Existen severos problemas organizativos, especialmente en el departamento de RD+I, concretamente en el equipo de desarrollo. Las tareas del equipo son de relevante importancia y deben de quedar muy controladas, ya que, se trata de requisitos técnicos de cliente y con información muy sensible.

#### 2.9.1.1. Falta de sistema ERP

La empresa no dispone de ningún sistema de ERP, mediante el cual, controlar todas las tareas necesarias para el cierre o validación de un proyecto. Es de especial importancia, ya que, el incumplimiento o pérdida de alguno de los resultados o informes de ensayos, puede suponer un problema de responsabilidad para la empresa.

#### 2.9.1.2. Gestor documental

Tampoco se emplea ningún gestor documental para el control de los archivos. El equipo ha crecido notoriamente en los últimos tiempos y la empresa no ha logrado identificar estos problemas para darles solución.

### 2.9.2. Flexibilidad productiva

Actualmente, el método de producción se centra en emplear un conjunto de matrices y calibre de control para cada pieza. Eso implica una flexibilidad de cambio de proceso muy baja, ya que, ante cualquier cambio de cad, material o espesor, implica realizar cambios de considerable envergadura en las matrices y calibre.

Cada modificación de las marices y calibre de un producto implica un impacto económico relevante, así como de tiempo. Además, durante el periodo de tiempo que se tarda en modificar el proceso, se deben de seguir entregando piezas según necesidades de cliente, por lo que, también implica recursos productivos para poder llevar a cabo un stock de seguridad.

Es, por tanto, la flexibilidad productiva, un problema actual para la empresa.

Además, y relacionado con el aspecto de la poca flexibilidad productiva de la compañía, cada vez que se va a cambiar de producto a producir, se requiere de un cambio de matrices con el correspondiente desmontaje de las previas, montaje del nuevo lote de matrices con el que se va a producir y pequeños ajustes bajo prensa para garantizar la calidad del lote.

#### **2.9.2.1. Problemas de espacio**

Dado que las matrices las costea cliente, son de su propiedad. Por lo que, una vez ha finalizado la vida del proyecto, la empresa no puede deshacerse de las matrices y supone un problema de almacenamiento.

#### **2.9.3. Sistemas de comprobación. Control de calidad**

Tal y como se ha expuesto, una vez que se ha presentado y recibido la aceptación del PPAP por parte de cliente, salvo que se reciba una reclamación de cliente, no se vuelven a realizar mediciones ni comprobaciones sobre las piezas.

Esto es un problema, y que, hay piezas que tienen una vida de proyecto larga y no se puede asegurar que haya variaciones, y, por tanto, incumplimiento de los requisitos en algún lote entregado.

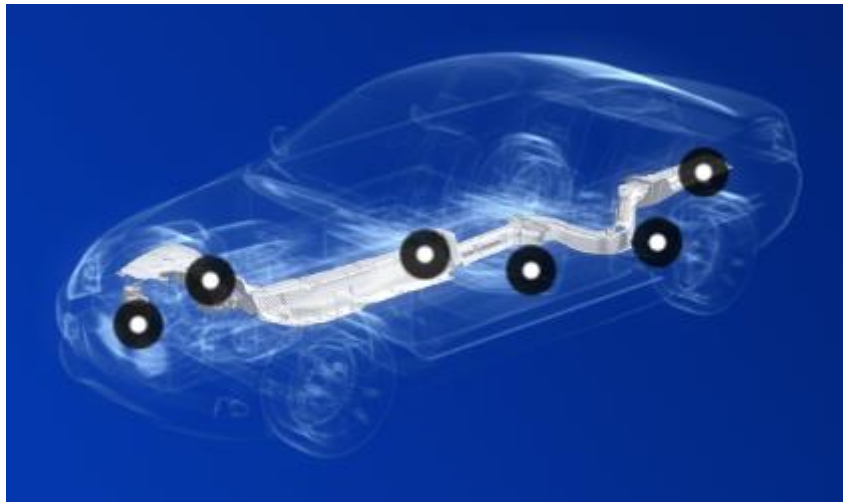
### 3. Estado del Arte

Con el fin de poder desarrollar correctamente el proyecto, es necesario revisar el estado del arte, así como conocer los conceptos y principios que a continuación se citan.

#### 3.1. Pantallas aislantes

Actualmente, las pantallas térmicas o aislantes, son un producto muy empleado en el sector de la automoción. El propósito de cualquier pantalla aislante es de, como su propio nombre indica, proteger determinadas zonas del coche de fuentes de calor, de ruido, de vibraciones, etc.

Existen pantallas térmicas, que aíslan zonas del vehículo como el habitáculo de partes del sistema de escape que generan constantemente altas temperaturas; pantallas acústicas que pueden ir en el motor, si éste provoca ruidos, etc. Éstas están especialmente focalizadas para vehículos convencionales con motor de combustión, sin embargo, existen también pantallas para el aislamiento magnético para las baterías en el caso de coches híbridos y eléctricos.



*Imagen 13 Principales pantallas térmicas en un vehículo convencional  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)*

En la imagen superior aparecen los puntos más habituales de aislamiento que se aplican en los vehículos convencionales de motores de combustión: zonas de motor y zonas del sistema de tubo de escape principalmente.

En el argot del sector, se emplea con mucha frecuencia la referencia de Heat Shield (HS). Tal y como se ha expuesto con anterioridad, existen diferentes tipos de pantallas en función de su aplicación:

### 3.1.1. Pantallas térmicas

Las pantallas térmicas, como su propio nombre indica, se emplean para aislar de zonas que tengan temperaturas elevadas, como el motor o la zona del sistema de escape. En función de los requerimientos que deban cumplir, se pueden emplear diferentes materiales, así como espesores o configuraciones.

Los materiales más comunes son los siguientes:

- Aluminio (gammas 1000, 3000, 5000, ...)
- Acero aluminizado (DX53 AS120, DX54 AS120, ...)
- Acero inoxidable (AISI 304, AISI 321, ...)

Muchos de estos materiales se emplean en liso, pero otros se emplean gofrados. En ocasiones, también se emplean micro punzonados o macro punzonados. El gofrado es un tipo de deformación de la chapa, que aporta mayor capacidad térmica en función de la altura de gofrado que se aplica.



*Imagen 14 Ejemplo de chapa gofrada*  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)

Los espesores sobre los que generalmente se trabaja para este tipo de aplicaciones son:

- Aluminio gofrado: des de 0,3 a 0,8 mm.

Este tipo de pantallas se pueden presentar en monocapa, bicapa, tricapa, etc. Dependiendo de los requerimientos y necesidades del problema a solventar.

En muchas ocasiones, las mismas pantallas para aislar de puntos de calor, sirven a su vez para proteger alguna zona delicada. Cabe destacar que las pantallas que se emplean única y exclusivamente para proteger zonas como el tanque de combustible u otros elementos sensibles, se suelen denominar Pantallas de protección (Protection Shield o PS).

---

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

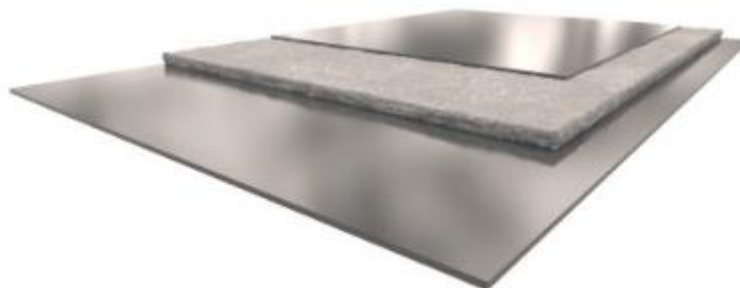
Dependiendo de lo elevada que sea la temperatura del foco de calor, puede requerirse el empleo de un material adicional para que pueda absorber más calor. Este tipo de materiales se denominan materiales aislantes, y los que más se emplean son los siguientes:

- Fibra de vidrio.
- Fibra de silica.
- Fibra cerámica.
- Papel cerámico.

Cuando se añaden estos materiales aislantes, se suelen emplear las siguientes configuraciones: con una sola chapa metálica (imagen X) o en modo sandwich (imagen X) entre dos chapas metálicas.



*Imagen 15 Ejemplos de configuración chapa metálica y material aislante  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)*



*Imagen 16 Ejemplos de configuración sandwich de dos chapas metálicas y material aislante  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)*

### 3.1.2. Pantallas acústicas

En los casos en los que se requiera de un aislamiento acústico, se emplean otras configuraciones de materiales. Generalmente se emplean materiales aislantes junto con

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.  
chapas metálicas de los mismos materiales que los citados anteriormente, aunque para esta aplicación, normalmente los aluminios no son aplicados.

- Acero aluminizado (DX53 AS120, DX54 AS120, ...)
- Acero inoxidable (AISI 304, AISI 321, ...)

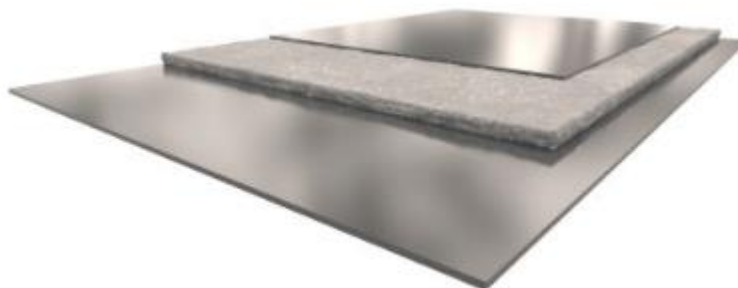
Este tipo de pantallas se pueden presentar con distintas configuraciones: con una sola chapa metálica (imagen X) o en modo sandwich (imagen X) entre dos chapas metálicas.



*Imagen 17 Ejemplos de configuración chapa metálica y material aislante*  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)

Las configuraciones como la superior, se denominan encapsulados y sus funciones más comunes son las de: retención de calor en elementos como el catalizador, aislamiento térmico para piezas circundantes. Mediante la micro o macro perforación de la chapa se puede aumentar la absorción acústica de la misma.

Este tipo de pantallas emplea, por lo general, chapas de 0,15 a 1 mm de espesor y materiales aislantes de fibra de vidrio o de silica desde 3 hasta 15 mm. Como comentado, también se emplean configuraciones en sandwich en las que el material aislante va entre dos chapas.



*Imagen 18 Ejemplos de configuración sandwich de dos chapas metálicas y material aislante*  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)

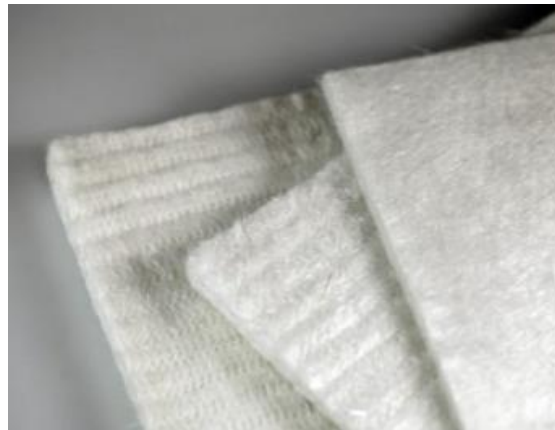
## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Las pantallas tipo sandwich como la de la imagen superior, generalmente se emplean con chapas metálicas de espesores de entre 0,15 y 0,4 mm por capa y se emplean materiales aislantes entre chapas de entre 1 y 8 mm de espesor. Las principales funciones se basan en retener el calor en elementos como colectores y en proteger piezas circundantes, así como aportan absorción acústica y función de aislamiento.

Los principales materiales aislantes que se emplean, son los siguientes:

- Fibra de vidrio.
- Fibra de sílica.
- Fibra cerámica.

Estos materiales además de tener grandes capacidades de absorción de calor y aguantar altas temperaturas, tienen también propiedades de aislamiento acústico.



*Imagen 19 Ejemplos de materiales aislantes*  
(Fuente: <https://www.gteek.com/High-temp-needle-mats>)

Este tipo de materiales aislantes corresponden a textiles técnicos resistentes a altas temperaturas. Se emplean técnicas distintas de recubrimiento con el fin de garantizar el cumplimiento de los requerimientos especificados, de acuerdo con su resistencia mecánica, efectividad de aislamiento, estanqueidad al agua, etc.

En función del espesor y de su composición, puede soportar temperaturas de entre 500°C y 1.600°C.

Para la elección de la composición de este elemento, es imprescindible conocer los índices de absorción del material para un determinado dominio de frecuencias.

### 3.2. Absorción

Para saber cómo de absorbente es un material se utiliza un valor que es el coeficiente de absorción acústica. Se puede definir el coeficiente de absorción de un material como la relación entre la energía absorbida y la energía incidente por unidad de superficie. Es por



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

este motivo que, teóricamente, el coeficiente de absorción acústica de un material siempre estará entre 0 y 1 (no es posible que haya más energía absorbida que energía incidente).

De la siguiente tabla de materiales, habitualmente empleados para la producción de pantallas de aislamiento, se han realizado ensayos para valorar su absorción:

Muestra	A	B	C	E	F
Material	ALU 1050	ALU 1050	ALU 1050	ALU 1050	ALU 1050
Tipo	Liso	Gofrado	Gofrado	Gofrado	Gofrado
Espesor [mm]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Perforación [mm]	No	No	Ø 0,8 (Øaguja: 1)	Ø 1 (Øaguja:1,5)	Ø 0,8 (Øaguja: 1)
Densidad de perforación [agujeros/cm <sup>2</sup> ]	-	-	8,5	8,5	17
Altura de gofrado [mm]	-	2,5	2,5	2,5	2,5
Material de fondo			Poliuretano shore 90	Poliuretano shore 90	Poliuretano shore 90

Tabla 4 Leyenda para identificar cada muestra (A-E) con los gráficos siguientes

Muestra	G	H	I	J	K	L
Referencia	RIMIC Rieter	Lydall	ALUX Rieter	AISI 304 + Fibra mineral	DX54 AS120 + hoja de papel mineral + DX54 AS120	DX54 AS120 + hoja de papel mineral + DX54 AS120
Material	ALU 1050					
Tipo	Gofrado	Liso		Sandwich	Sandwich	Sandwich
Espesor [mm]	0,4			0,15	0,4 / 1 / 0,4	0,4 / 1 / 0,4
Características	Gofrado a 2 mm			Gofrado a 1,5 mm Fibra mineral: sinamat DBW (12 mm)	Papel mineral: Insulfrax (Unifrax)	Otro

Tabla 5 Leyenda para identificar cada muestra (G-L) con los gráficos siguientes

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 3.2.1. Absorción acústica

La siguiente gráfica, muestra el aislamiento acústico en el aire comparado con cada muestra de medición.

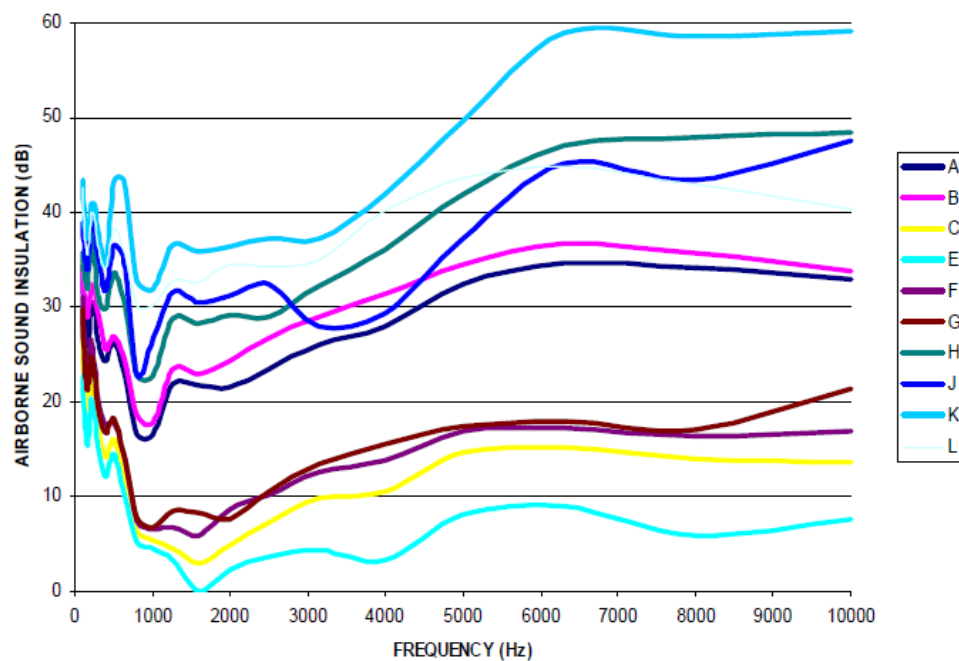


Gráfico 1 Aislamiento acústico en el aire para cada muestra según leyenda

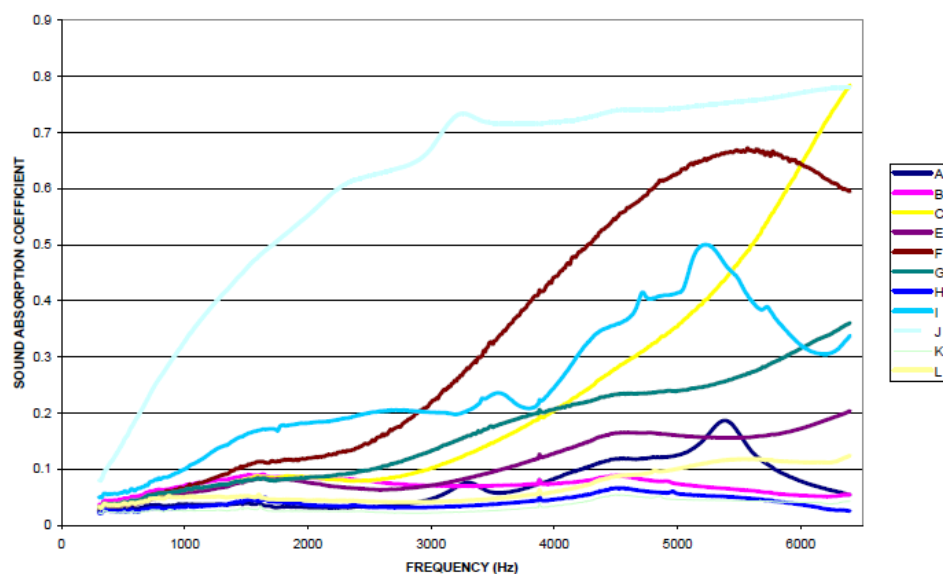


Gráfico 2 Media coeficiente absorción para cada muestra según leyenda

A continuació, se mostra una gràfica con la comparativa de diferents materials aïslants del fabricant Frenzelit, en los que se mostra su capacitat de absorció per a diferents freqüències.

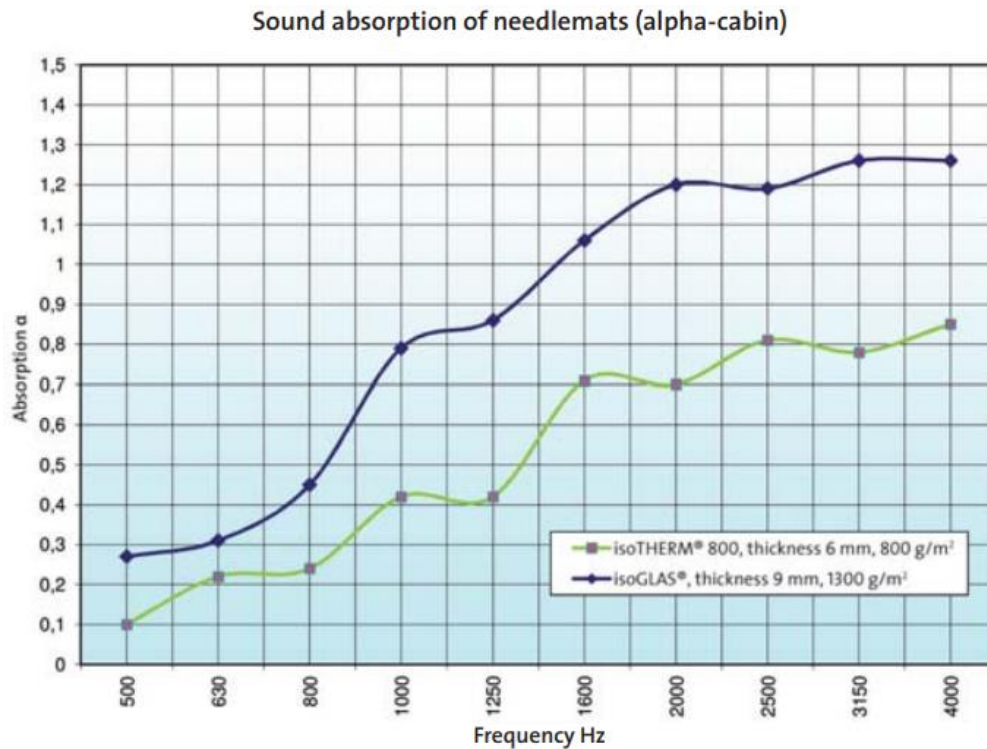


Gráfico 3 Comparativa de la absorción acústica de diferentes materiales aïslants de Frenzelit  
 (Fuente: [https://www.frenzelit.com/fileadmin/produkte/isolationen/isolationsmaterial/nadelvliese/en/technical\\_needlemats\\_brochure\\_en.pdf](https://www.frenzelit.com/fileadmin/produkte/isolationen/isolationsmaterial/nadelvliese/en/technical_needlemats_brochure_en.pdf))

### 3.2.2. Absorción térmica

A continuació, se mostren unes gràfiques de diferents materials aïslants comercials i les seves principals característiques de absorció i capacitat tèrmica.

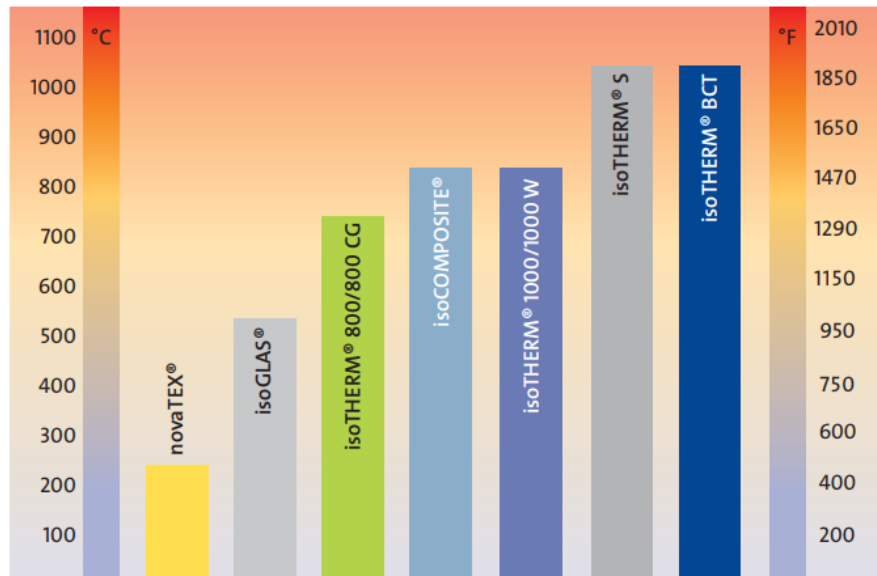


Gráfico 4 Relación de productos de aislamiento térmico Frenzelit, en función de su temperatura  
 (Fuente: [https://www.frenzelit.com/fileadmin/produkte/isolationen/isolationsmaterial/nadelvliese/en/technical\\_needlemats\\_brochure\\_en.pdf](https://www.frenzelit.com/fileadmin/produkte/isolationen/isolationsmaterial/nadelvliese/en/technical_needlemats_brochure_en.pdf))

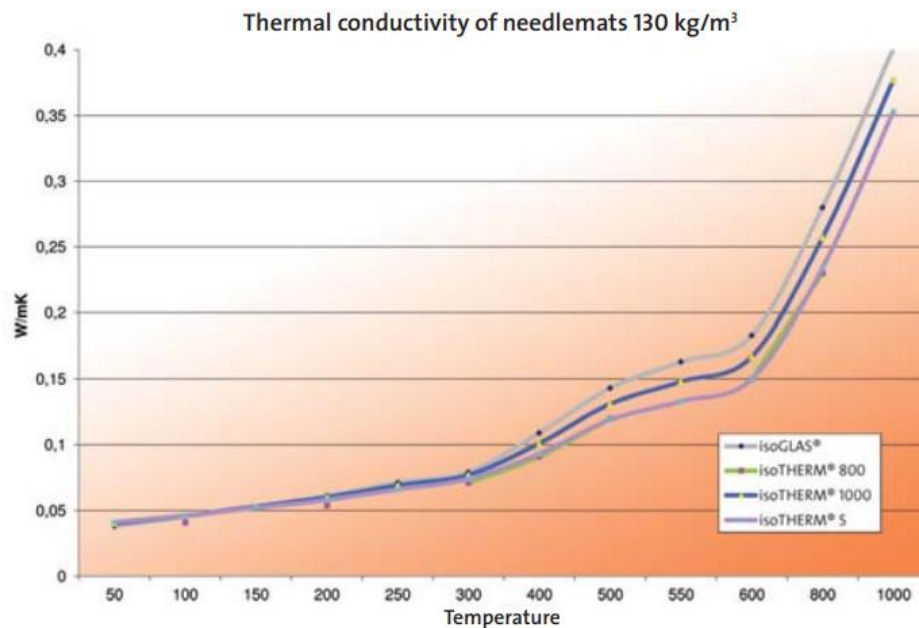


Gráfico 5 Comparativa de la conductividad térmica de diferentes materiales aïslants de Frenzelit  
 (Fuente: [https://www.frenzelit.com/fileadmin/produkte/isolationen/isolationsmaterial/nadelvliese/en/technical\\_needlemats\\_brochure\\_en.pdf](https://www.frenzelit.com/fileadmin/produkte/isolationen/isolationsmaterial/nadelvliese/en/technical_needlemats_brochure_en.pdf))

### 3.3. Aislamiento

Aislamiento es la acción y efecto de aislar, hace referencia a apartar elementos de otros, según las necesidades o requerimientos. Existen diferentes tipos de aislamientos, a continuación, se introducen el aislamiento térmico, el aislamiento acústico y el aislamiento o absorción de vibraciones.

#### 3.3.1. Aislamiento térmico

Las pantallas térmicas surgen de una necesidad para aislar de una fuente de calor. Se conoce como aislamiento térmico al conjunto de materiales, así como técnicas, las cuales se aplican en los elementos que limitan un espacio caliente, para minimizar la transmisión de calor hacia otros elementos o espacios en los que no es conveniente aumentar la temperatura o sobrepasar una deseada.

Generalmente se requiere de aislamiento térmico en los puntos de calor que pueden afectar al habitáculo de un automóvil, como puede ser toda la zona de tubos de escape. También hay otras zonas como el motor que requieren de elementos para aislar las altas temperaturas.

##### 3.3.1.1. Transmisión de calor

Es necesario tener en cuenta el fenómeno de la transmisión del calor. La energía calorífica se transmite desde las zonas con mayor temperatura hacia las de menor, mediante un proceso de variación de entropía, en el que finalmente se alcanza un estado de equilibrio térmico, siempre y cuando éste sea posible.

Se denomina calor, a la transferencia de energía que se lleva a cabo sin el movimiento ordenado dentro de un sistema. Sin embargo, a la transferencia de energía que se da con un movimiento ordenado mediante la ejecución de un trabajo mecánico, se le conoce como transferencia de energía.

La Termodinámica es la ciencia o disciplina que estudia la transferencia de energía de los procesos reversibles, a lo largo de una sucesión de estados de equilibrio. La transmisión de calor tiene lugar mediante tres mecanismos básicos, conocidos como conducción, convección y, por último, radiación.

#### Conducción

La transmisión de calor por conducción tiene lugar cuando la energía calorífica de dos o más cuerpos a diferentes temperaturas, se transmite a partir del contacto directo entre ellos. Éste se transmite mediante choques entre las moléculas del sistema.

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Este proceso es de gran relevancia entre cuerpos sólidos. Sin embargo, para elementos líquidos o gaseosos, es de menor importancia, dado que generalmente aparece combinado con el proceso de convección.

#### Convección

La transferencia de calor por convección, se transmite mediante el movimiento físico de moléculas con mayor temperatura de las zonas denominadas como “calientes”, a las zonas de baja temperatura y viceversa; alcanzándose un equilibrio de temperaturas. Dicho proceso, tiene una gran importancia en fluidos. Puede darse de manera natural, aunque también, es posible forzar dicho fenómeno.

#### Radiación

Por último, puede darse la transferencia de calor mediante la radiación. En este tipo de transmisión de calor, un cuerpo cede parte de su energía mediante la emisión de ondas electromagnéticas, las cuales, no requieren explícitamente de un medio material para llevar a cabo su propagación). Al absorberse dichas ondas por otro cuerpo, éste último aumenta su temperatura.

#### 3.3.1.2. Principio de aislamiento de una pantalla térmica

La figura que se muestra a continuación, representa un esquema de lo que supone el aislamiento térmico. Siendo el cuerpo azul la pieza o zona a proteger de una fuente de calor que queda representado por el cuerpo rojo de la parte inferior de la imagen. En el esquema se representa un modelo de pantalla de tipo sándwich.

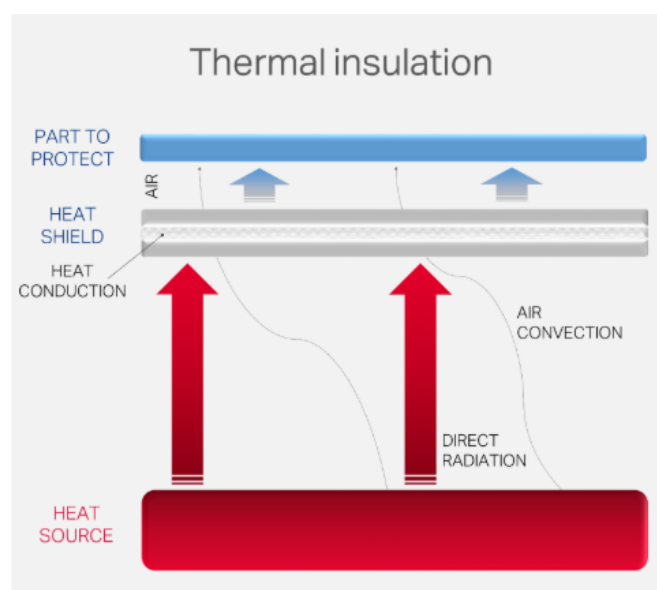


Imagen 20 Esquema funcionamiento de una pantalla térmica con configuración sandwich  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)

---

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

---

Entre ambos cuerpos se coloca la pantalla térmica (heat shield o HS), la distancia a la cual se coloca, viene dada por la información del entorno y el requerimiento de temperatura máxima que puede alcanzar el cuerpo azul.

La pantalla recibe temperatura mediante la radiación directa de la fuente y la convección a través del aire. La HS está compuesta como se ha indicado con anterioridad con un sándwich:



*Imagen 21 Capas de una pantalla con configuración sandwich  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)*

Se conoce coloquialmente como sandwich a la configuración compuesta por más de una capa, siendo generalmente formada por dos capas de acero o aluminio, con o sin macro o microperforado y, por último, por un material aislante entre las dos capas.

Una vez el calor llega a la pantalla mediante radiación y convección, ésta aumenta su temperatura y se produce conducción entre las capas del sandwich que están en contacto. La conducción también se produce con los componentes de la pantalla, en caso de llevarlos.

Tomando en consideración las distancias o gaps del entorno, se definen los materiales y espesores, así como micro punzonados o macro punzonados en caso de ser necesarios, para cumplir con los requerimientos técnicos.

### 3.3.2. Aislamiento acústico

El aislamiento acústico se basa en el aislamiento o atenuación del sonido o ruido. Se define como sonido a la sensación o impresión producida en el oído por un conjunto de vibraciones que se propagan por aire. Puede ser conocido como fenómeno físico al propagarse por el aire, por ejemplo, o como sensación auditiva considerando la sensación del oyente.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

A continuación, se presenta un esquema sobre el aislamiento acústico considerando una pantalla de tipo sandwich compuesta por dos capas de aluminio o acero (elementos grises) y un elemento central (material aislante).

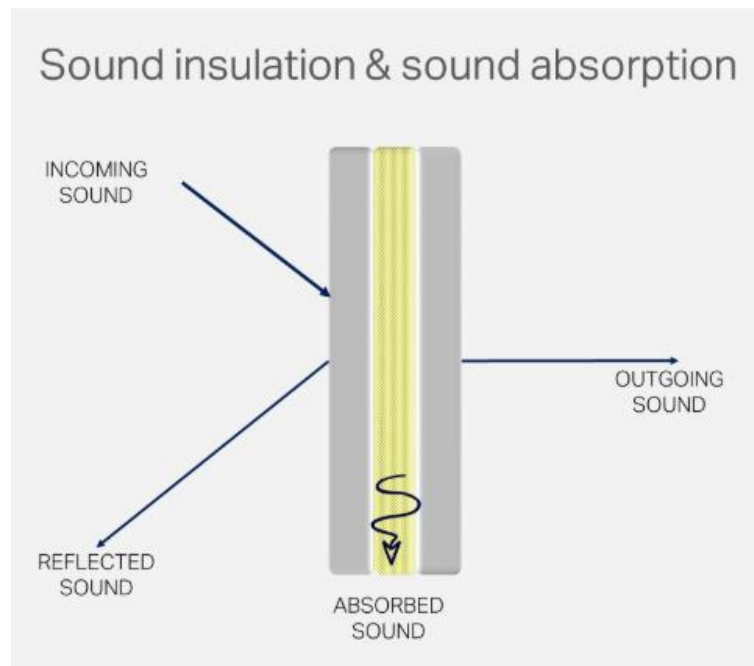


Imagen 22 Esquema funcionamiento de una pantalla acústica con configuración sandwich  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)



Imagen 23 Capas de una pantalla con configuración sandwich  
(Fuente: <https://estamp.es/products/>)

Tal y como se muestra en el esquema, parte de las ondas sonoras impactan y se reflejan en las capas de aluminio. El material aislante de en medio, generalmente fibra de silica, absorbe gran parte del ruido, quedando todavía una cantidad residual. En función del requerimiento



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

de aislamiento acústico, se deberá de emplear un material aislante de una composición y espesores concretos.

### 3.3.2.1. Ruido

Se entiende como ruido al sonido no deseado. Se trata del mismo fenómeno físico que da lugar al sonido, pero que, en el caso del ruido, para el receptor, se trata de una sensación no deseada o desagradable.

Estos ruidos pueden afectar al entorno del hombre generando afectaciones en su oído, afectando a las capacidades normales de comunicación, e incluso, a la conducta. Considerando la aplicación de la pantalla, la afectación del ruido en este caso, se centra en la pérdida de confort que puede sufrir el usuario final del vehículo durante el uso de éste.

Es por ello el ruido, un aspecto importante a contrarrestar en el desarrollo de la pantalla.

### 3.3.2.2. Propagación del ruido

El ruido se propaga hasta que llega al receptor por diferentes medios: a través del aire, pero también a través de los elementos físico que están en contacto con el mismo. En el último caso, esto generará vibraciones con los elementos que estén en contacto con la fuente de ruido.

Su propagación, tal y como ha quedado descrita, seguiría el diagrama siguiente:



*Imagen 24 Diagrama esquemático de la propagación del ruido*

En el diagrama superior, las flechas continuas representan la transmisión de sonido de una fuente a un receptor. El recuadro fuente puede representar más de una. Los medios, también pueden ser numerosos y, por último, el receptor, puede ser un solo individuo, un grupo o incluso, una comunidad entera. Las flechas discontinuas indican la interacción entre los varios elementos del diagrama.

### 3.3.2.3. Ruido y vibraciones en la automoción

Uno de los aspectos que más ha evolucionado a lo largo de los años en el sector de la automoción ha sido la preocupación por la acústica. La reducción de ruidos y

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

vibraciones en el interior del vehículo, para el confort de los ocupantes, así como las emisiones al exterior, por exigencias medioambientales cada vez más restrictivas en las grandes ciudades.

Factores que han favorecido esta evolución:

Las nuevas tecnologías han facilitado una simulación más rápida y eficaz del comportamiento de los materiales, dependiendo de su composición, rigidez, peso, distribución de masas y condiciones de trabajo (piezas sometidas a temperaturas elevadas y a sollicitaciones mecánicas). Se pueden conocer los modos propios o frecuencias naturales propias de vibración de un sistema, ver si existe el riesgo de que una perturbación externa temporal pueda entrar en resonancia con esta frecuencia de vibración propia de la pieza, incrementando la amplitud de vibración. La excitación externa puede ser aleatoria o de esfuerzos alternados, como las ráfagas de viento. Todo ello puede afectar a la resistencia y fatiga de los materiales utilizados.

En un automóvil, las principales fuentes de ruido son: el motor, la transmisión, el escape, la admisión, la aerodinámica, la rodadura, los amortiguadores o el interior del vehículo.

Centrando el marco teórico en el motor como fuente de ruido contextualizando el proyecto, el ruido del motor se genera por el propio proceso de combustión, al accionar el movimiento de pistones, cigüeñal, bielas y su propagación por vibración.



*Imagen 25 Audi RS3 Sportback en cámara anecoica*

(Fuente: <https://www.autocasion.com/actualidad/noticias/la-acustica-del-5-cilindros-del-audi-rs-3-sportback>)

En los ensayos de ruido, se mide el ruido generado en el compartimento del motor y del propio motor independiente del resto del vehículo, empleando sistemas auxiliares de refrigeración, admisión y escape.

#### 3.3.2.4. Control del ruido

“El control del ruido es la técnica que obtiene un aceptable ambiente de ruido, para el receptor, concordado con aspectos operacionales y económicos; el receptor puede ser una persona, un grupo de gente, una comunidad entera o un equipo cuyas operaciones se ven afectadas por el ruido” (Cyril, M.Harris, 1977, p.16).

Es importante recalcar que el control de ruido no es lo mismo que reducirlo.

#### 3.3.2.5. Reducción del ruido

La mejora de los instrumentos de medición, procesamiento y análisis de ruidos, así como las instalaciones para generar ruidos de rodadura, balanceo del automóvil, salas acústicas o cámaras anecoicas, han contribuido a aumentar la precisión de los resultados obtenidos y medidos.



*Imagen 26 Coche en cámara anecoica*  
*Imagen de dominio público de Günter Nimtz*

La experiencia adquirida a lo largo de los años, ha permitido conocer mejor las fuentes del ruido y su propagación a través de los medios. Además, la mejora de las técnicas y materiales destinados a controlar, absorber y amortiguar los ruidos, han propiciado importantes avances en la insonorización de automóviles.

---

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Existen diferentes sistemas para aislar el vehículo de las fuentes de vibración generadas por el motor:

- Pantallas aislamiento térmico (absorben vibraciones)
- Soportes antivibración
- Revestimiento interior del capó
- Revestimiento debajo de la carrocería
- Revestimiento debajo del motor
- Tablier insonorizante
- Recubrimiento motor
- Encapsulamiento motor

#### 3.3.3. Aislamiento de vibraciones

Generalmente, el aislamiento de las vibraciones, viene de la mano con el aislamiento acústico de las fuentes conflictivas del vehículo.

Con respecto a las vibraciones generadas por un motor de combustión, cabe destacar en el ámbito del aislamiento, que hay que considerar dos tipos de vibraciones en cuanto al aislamiento de éstas:

- La pantalla térmica y/o acústica, deberá de ser capaz de soportar las vibraciones que le transmita el motor, sin deformarse o romperse, en función de los requerimientos técnicos establecidos.
- Con el fin de absorber parte de las vibraciones, una solución puede ser la colocación de unos componentes en los puntos de fijación, que actúen como amortiguadores.

##### 3.3.3.1. Componentes que absorben vibraciones

Existen distintos tipos de componentes, que permiten absorber parte de las vibraciones de la fuente. Las arandelas wire mesh, de malla de acero inoxidable, actúan como amortiguadores y tienen una importante absorción de las vibraciones, colocadas adecuadamente.

A continuación, se presentan algunas fotos de ejemplo:

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 27 Arandelas de malla de acero inoxidable (wire mesh washers)  
(Fuente: <https://hollandshielding.com/Knitted-wire-mesh-washers-disks>)*



*Imagen 28 Arandelas de malla de acero inoxidable combinadas con otros componentes  
(Fuente: <https://www.knittedwiremesh.net/knitted-mesh/compressed-knitted-mesh-gasket.html>)*

### 3.4. Simulaciones

Con el fin de asegurar el proceso, el diseño y la elección de materiales de una pantalla, durante las fases de desarrollo del producto, se llevan a cabo numerosas simulaciones de distintos tipos.

Es importante validar que el diseño de la pieza es factible, ya que, ésta deberá de ser fabricable. Este tipo de simulaciones son las mecánicas. Durante este tipo de simulaciones puede detectarse si la elección del material no es la adecuada, en cuanto a propiedades mecánicas, ya que, es posible que una geometría compleja, no sea estampable con un material determinado.



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

También se realizan simulaciones térmicas con el fin de garantizar que se cumplen los requisitos mínimos de aislamiento térmico y se cumple con el target dado. En los casos en los que se requiera a su vez aislamiento acústico, también se puede desarrollar este tipo de simulaciones.

### 3.4.1. Simulaciones Mecánicas

Las simulaciones mecánicas consisten en una técnica de análisis que se emplea de manera amplia para predecir con bastante precisión los posibles modos de falla en un sistema, como puede ser la inestabilidad elástica y estructural, el pandeo, la fatiga, la resonancia, etc. Ello, permite la optimización de la fase de diseño en una fase temprana de proyecto con las correspondientes reducciones de costes.

La aplicación de estas herramientas permite acelerar la innovación, ya que, en poco tiempo ofrecen la posibilidad de evaluar diferentes alternativas de diseño.

Hay distintos tipos de simulaciones mecánicas, que se dividen principalmente en dos grandes grupos: estáticas y dinámicas, aunque las últimas tienen distintos tipos según el siguiente esquema:

- Estáticas
- Dinámicas
  - Dinámicas lineales
    - Análisis de frecuencia modal.
    - Análisis de estado estacionario.
  - Dinámicas no lineales
    - Análisis dinámico explícito

En las simulaciones estáticas, los parámetros que se emplean son estáticos también, tal y como su propio nombre indica.

En el caso de las dinámicas lineales, una de las consideraciones que se toma es que el material mantiene su rigidez constante a lo largo de su geometría. Sin embargo, esta suposición es cierta siempre y cuando no se supere su límite elástico.

Un ejemplo de aplicación para las simulaciones dinámicas no lineales, serían las simulaciones de estampación de chapa, en las que interviene la deformación plástica.

### 3.4.2. Simulaciones Térmicas

Definición de CAE. (Computer Aided Engineering). Ingeniería Asistida por Ordenador. Como en el caso del CAD, el CAE permite simular en el ordenador los modelos que se piensan poner en práctica con el objetivo de apreciar su validez sin incurrir en costes de fabricación.

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Las simulaciones térmicas, ayudan a tomar una buena decisión en cuanto a la elección del material, considerando las propiedades mecánicas que éste debe tener para ser fabricable en su proceso de producción, pero también, para cumplir con éxito los requisitos térmicos solicitados. Existen principalmente, dos grupos de simulaciones térmicas: las estáticas o estacionarias y las transitorias.

#### 3.4.3. Simulaciones acústicas

Las simulaciones acústicas, pueden ser de absorción e inserción para las que se realicen en materiales o en productos. O también, se pueden realizar sobre el propio vehículo de manera estática (en cámaras anecoicas) o dinámica.

#### 3.4.4. Ejemplos de software de simulación

Algunos de los programas más utilizados para diferentes tipos de simulación, son:





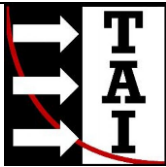

Tipo de simulación	Programa	Logo
Simulación mecánica (estampación de formatos lisos)	Autoform	
Simulación mecánica (estampación formatos lisos y/o gofrados)	Pam-Stamp	
Simulación modal (para hacer la malla)	Ansa	
Simulaciones modales y SSD	Abaqus	
Simulaciones térmicas	TAI	
Simulaciones acústicas	SIMAM (software de proveedor)	

Tabla 6 Resumen de ejemplos de software de simulación

### 3.5. Procesos de fabricación y tipos de estación para la producción de las pantallas

En función del material escogido, espesor, estado (en liso o con algún tipo de gofrado), etc. se deberá definir el proceso de fabricación mediante el cual se va a producir. Es importante tener en consideración requisitos tales como permisión de arrugas, aguas u overlappings en la chapa, dependiendo de la función de ésta. La geometría determinará cómo fluye el material y donde se pueden sufrir acumulaciones del mismo. Sin embargo, hay procesos concretos que permiten tener un mayor control sobre la chapa durante la estampación.

A continuación, se exponen diferentes tipos de procesos de fabricación para llevar a cabo las pantallas térmicas:

#### 3.5.1. Formado de la geometría

El formado o conformado para darle a la pieza la geometría que deberá de tener en función del contorno y necesidades se puede llevar a cabo mediante los siguientes procesos o tipo de estación de trabajo:

##### 3.5.1.1. Matriz de estampación en frío

También conocido como hierro contra hierro. La parte con la geometría en positivo se denomina macho o punzón, y la contra, hembra o matriz.

La matriz se monta bajo prensa, pudiendo ser por lo general, hidráulica o mecánica. En medio se coloca la chapa y una vez baja la prensa, la chapa queda estampada según la forma que tenga la matriz.

##### 3.5.1.2. Matriz de embutición

En los casos en los que se requiera mayor control de la chapa, evitando pliegues o acumulaciones de material no deseadas o que no cumplan requerimientos, se emplean embutidores. También se suelen utilizar para geometrías de pieza bastante complejas.

Los embutidores están formados principalmente de un macho que queda estático en la base, un pisador flotante (puede tener cilindros de gas o adiprenes) y la parte superior o matriz.

El principio de funcionamiento, y gracias al cual, se logra obtener un mayor control de la chapa, es que, antes de empezar a deformarla mediante la entrada del punzón, el material está previamente pisado o aguantado por el pisador y la parte superior. Una vez el formato queda correctamente pisado, el pisador empieza a consumir su carrera



---

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

bajando junto a la parte superior y entrando en el macho. De manera que, la chapa va conformándose mientras está aguantada. De esta manera, se controlan mucho más las acumulaciones de material no deseadas, obteniendo piezas estiradas.

### 3.5.2. Corte de la chapa

Una vez conformada la chapa con la geometría pertinente, es necesario cortar el retal para dejar el contorno correcto y eliminar todo el sobrante de chapa del formato.

Para ello, existen diferentes procesos de corte:

#### 3.5.2.1. Matrices de corte

La chapa puede cortarse según la geometría deseada mediante una matriz. El principio de funcionamiento de la misma es el siguiente: en la parte inferior se encuentra el punzón o macho, donde se coloca la pieza conformada en una operación previa con el retal correspondiente. El macho tiene la geometría de la pieza, por lo que, ésta, se coloca perfectamente en el registro.

En la parte superior, se encuentra el pisador y las cuchillas de corte. Cuando la prensa baja, antes de empezar a cortar, toda la zona de contorno de la chapa, está pisado (aguantado). Es entonces, cuando la prensa sigue bajando más y la chapa se corta entre el filo de las cuchillas y el filo del macho.

Si se observa el espesor de una chapa cortada por una matriz de corte, se aprecia que cerca de un 30% del espesor ha sido cortado y el resto, arrancado.

Este tipo de procesos tiene muy baja flexibilidad, ya que, la matriz está preparada para cortar un tipo de pieza en la que está muy definida la geometría, el contorno, el espesor e incluso el gap entre punzón y matriz y la holgura de las cuchillas, considerando si la chapa es lisa o gofrada.

Además, este tipo de matrices se emplean para realizar cortes en Z de zonas que estén lo más planas posibles. Para realizar cortes en caras inclinadas o laterales, se emplean carros, los cuales, tienen un ajuste bastante complejo.

Dependiendo del material y espesor de la chapa a cortar, es crítica la elección correcta del material de las cuchillas, así como de su tratamiento térmico, ya que son matrices que sufren desgastes severos.

#### 3.5.2.2. Corte láser

El corte por láser es una técnica que consiste en emplear un láser de alta precisión que se centra en un área pequeña del material. El corte por láser se consigue focalizando el haz en diámetros muy pequeños (del orden de 100-200µm), obteniendo

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

así una densidad de energía muy alta que funde el material. La alta potencia del láser empleado, da como resultado un rápido calentamiento, fusión y vaporización parcial o total del material. Dado que la zona afectada por el calor es relativamente pequeña (entorno a unos 0,5 mm), las piezas cortadas por láser, presentan una deformación mínima. Con la ayuda de un gas coaxial a presión, se eliminan tanto el material fundido como los vapores generados durante el proceso. El gas empleado para la eliminación del meta fundido suele ser Oxígeno o Nitrógeno, dependiendo de si el corte realizado es por combustión o por fusión.

Mediante ordenador, se prepara el programa mediante el cual se va a cortar la pieza. El pc dirige el cabezal con el láser sobre el material y éste traza el camino de corte.

Básicamente, existen dos tipos de corte por láser para la aplicación de corte de metales:

- Corte por Fusión a gas inerte (típicamente N<sub>2</sub>)
- Corte por combustión a O<sub>2</sub> + Fe → FeO

Una de las ventajas del corte por láser, es que permite prácticamente cualquier corte, por lo que tiene una gran flexibilidad para acceder a zonas de geometría complicadas o incluso a zonas en negativo.

<b>Es adecuado para muchos tipos de materiales</b>	Es una tecnología muy completa, que permite el corte de diferentes metales y espesores, pero también, de configuraciones sandwich que incorporen en su interior materiales aislantes, tales como papel cerámico, fibra de vidrio o de sílica, etc.
<b>No requiere de ningún procesamiento posterior</b>	Tras realizar un corte láser, no es necesario llevar a cabo ningún procesamiento posterior al corte. Esto permite un ahorro al omitir otros procesos como el de sellado mecánico o el lijado, dependiendo del tipo de material del que se trate.
<b>Alta precisión</b>	Es una tecnología muy versátil, que permite el corte de geometrías muy complejas y en diferentes planos.
<b>No hay desgaste de herramientas</b>	Este tipo de máquinas, no están sujetas al desgaste, ya que, el cabezal no tiene componentes o herramientas que pierdan sus propiedades con el uso. Implica un importante ahorro en operaciones de trabajo continuo.

*Tabla 7 Resumen de ventajas de la tecnología de corte láser*

A continuación, se muestra un ejemplo de acabado con el corte por láser:



*Imagen 29 Ejemplo de pieza cortada por láser  
(Fuente: <https://www.flowwaterjet.es>)*

### 3.5.2.3. Waterjet

El waterjet o corte por chorro de agua, es un proceso mediante el cual, se puede cortar una pieza haciendo impactar sobre la misma un chorro de agua a gran velocidad y presión. En definitiva, se corta por erosión del material.

Existen dos tipos de corte por chorro de agua: los que emplean únicamente agua y los que emplean agua con abrasivo; ello depende del tipo de material que se desee cortar. Para cortar materiales metálicos, es necesario añadirle abrasivo al agua. Este abrasivo suele estar compuesto de una mezcla de arcillas y vidrios.

El chorro de agua pura permite, por lo general, el corte de materiales blandos, tales como espumas, plástico, papel, etc.

En cambio, el chorro de agua con abrasivo, es capaz de cortar materiales duros, como metales, materiales cerámicos, piedra, vidrio y materiales compuesto. El chorro de agua en este caso, se genera de la misma manera que en el caso de agua pura, no obstante, antes de salir, el efecto Venturi generado en una de las partes del cabezal de corte, arrastra el material abrasivo, que acaba mezclándose con el chorro de agua.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

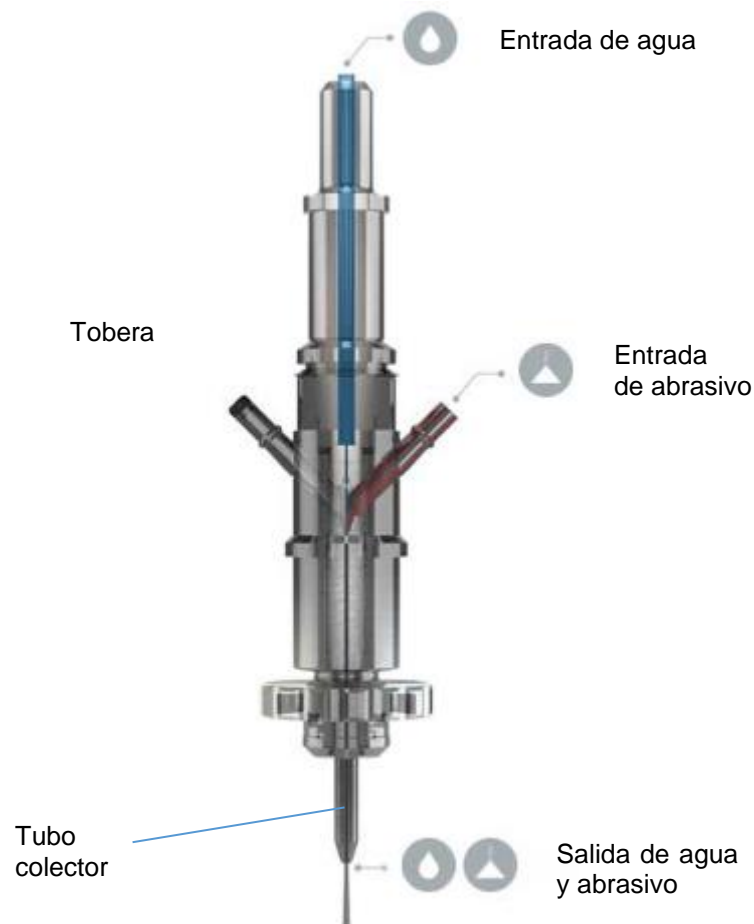


Imagen 30 Esquema cabezal sistema waterjet  
(Fuente: <https://www.flowwaterjet.es>)

La idea básica de funcionamiento de este sistema, se basa principalmente en tres pasos:

- Generar presión.
- Transformar la presión en velocidad.
- Añadir abrasivo si es necesario.

Se requiere de una bomba de muy alta presión, al requerirse de presiones del orden de 94.000 psi (una manguera de bomberos, trabaja a presiones comprendidas entre los 390 y los 1.200 psi aproximadamente).

La transformación de presión a velocidad, se realiza mediante un minúsculo orificio hecho en una piedra preciosa, generando así un flujo tan delgado como un cabello humano y que es capaz de cortar materiales blandos, tales como los indicados con anterioridad.

---

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

---

Añadiendo material abrasivo, se incrementa sustancialmente la potencia del corte en hasta 1.000 veces. La mezcla de agua y abrasivo, sale a una velocidad aproximada de casi 4 veces la del sonido ( $4 \cdot 343,2 \text{ m/s} = 1.372,8 \text{ m/s}$  o  $4.942,08 \text{ km/h}$ ) y es capaz de realizar cortes en acero con espesores superiores a 30 mm.

Por lo general, para llevar a cabo una instalación de corte por chorro de agua, se requiere principalmente de:



*Imagen 31 Componentes principales para la instalación de un sistema de corte por chorro de agua  
(Fuente: <https://www.flowwaterjet.es>)*

- Sistema de ultra-alta presión: compuesto de bomba, cabezal de corte y conducciones.
- La máquina en cuestión: con un cabezal de corte que puede moverse en los ejes x, y, z, y una fijación para el soporte de los elementos a cortar.
- Sistema de control: que incluye el software de programación, interfaz de operador, motores de accionamiento y un sistema de retroalimentación y velocidad. En muchos casos, este sistema de control viene integrado en la máquina de corte.

A continuación, se muestra un ejemplo de acabado con el corte por chorro de agua:



*Imagen 32 Ejemplo de pieza cortada por chorro de agua  
(Fuente: <https://www.flowwaterjet.es>)*

### 3.5.3. Protección de los cantos

Cuando se trabaja con chapa metálica de espesor bajo, esta puede tener unos cantos como cuchillas que pueden suponer un problema para su manipulación con una mínima seguridad. En muchas ocasiones, y para infinidad de productos, se requiere de asegurar esas zonas para que los operarios que deban manipular la pieza, puedan hacerlo sin problemas.

#### 3.5.3.1. Matrices de doblado en frío

Los cantos, se pueden doblar para hacer desaparecer ese canto que puede poner en riesgo la seguridad de un operario. Para ello, se emplean matrices que, en primer lugar, doblan las aletas o cantos a 90° y en la estación posterior, otra matriz las cierra a 180°. En función de la geometría de la pieza o si los cantos no están en plano y tienen inclinaciones complejas, puede requerirse de alguna matriz intermedia que doble los cantos a 135° o incluso, una matriz final, que “repique” y asegure que las aletas quedan cerradas. los operarios que deban manipular la pieza, puedan hacerlo sin problemas.

#### 3.5.3.2. Cintas adhesivas

Otra opción, es el empleo de cintas adhesivas. Éstas se adhieren por todo el contorno, cubriendo el canto y quedando pegadas por encima y por debajo de la pantalla. Estas

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

cintas pueden ser de diversos materiales, pero una de las que más comúnmente se emplea, es la de aluminio.



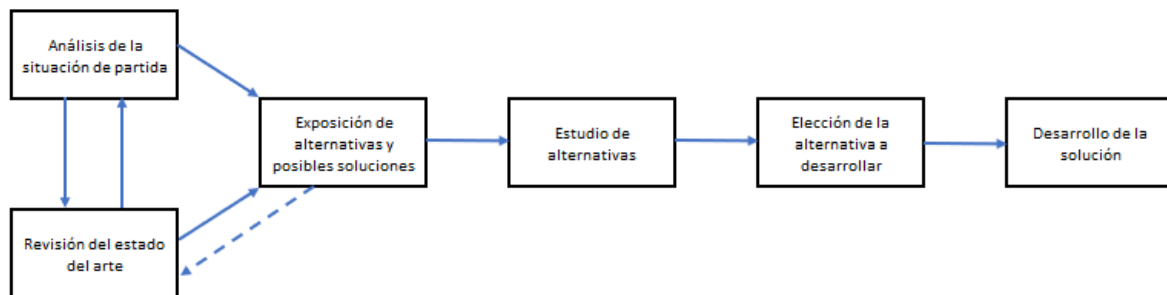
*Imagen 33 Cinta adhesiva metálica*

(Fuente: <https://www.etilux.com/es/producto/cintas-de-una-cara-166/3m-431-12814.php>)

## 4. Metodología

En este apartado, se define la metodología que se va a llevar a cabo en el proyecto, con el fin de obtener y plasmar la información y datos necesarios, para su correcto desarrollo, así como para poder tomar las decisiones correctas.

### 4.1. Diagrama de flujo



*Imagen 34 Diagrama de flujo de la metodología a aplicar en el proyecto de estudio*

A continuación, se presenta un diagrama de flujo con el procedimiento a seguir:

#### 4.1.1. Explicación del diagrama de flujo

Dado el diagrama de flujo anterior con las actividades pertinentes, a continuación, se procede a explicar y desarrollar detalladamente cada una de ellas:

##### **Análisis de la situación de partida**

En primer lugar, como actividad inicial, se debe de realizar un análisis de la situación de partida. Es crucial identificar correctamente los problemas que requieren solución.



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

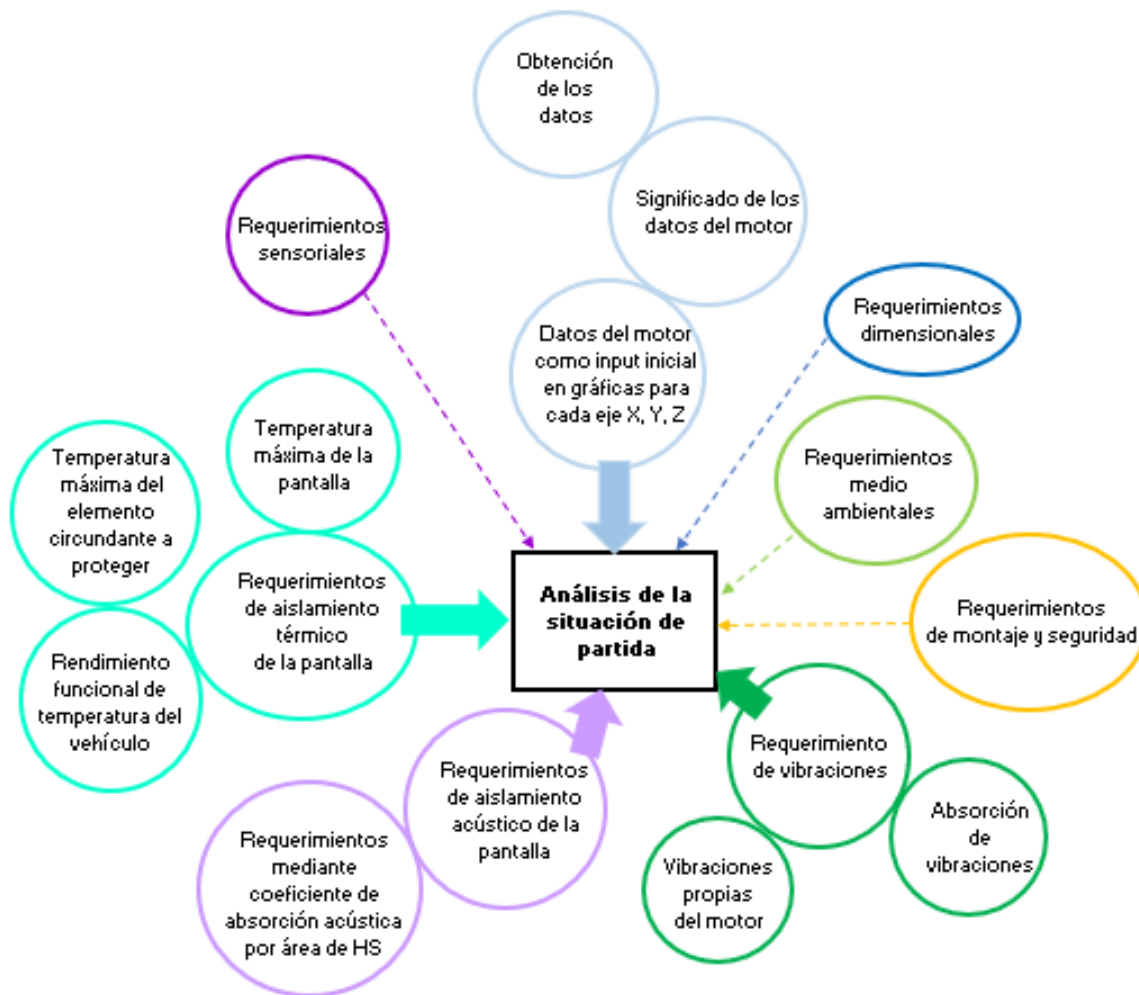


Imagen 35 Diagrama de Análisis de la situación de partida

### Estado del arte

Una vez expuestos e identificados los problemas mediante los cuales se va a desarrollar el proyecto, se realiza el estudio del estado del arte. En esta fase del proyecto, se requiere de investigar opciones viables en la aplicación del proyecto, fuera de los límites o recursos habituales de la empresa.

Bien realizado, permite disponer de opciones que inicialmente pudieron no ser consideradas por una errónea focalización en el desarrollo de la actividad de la empresa. Ello otorga, más opciones e información, con el fin de realizar una buena elección a desarrollar.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

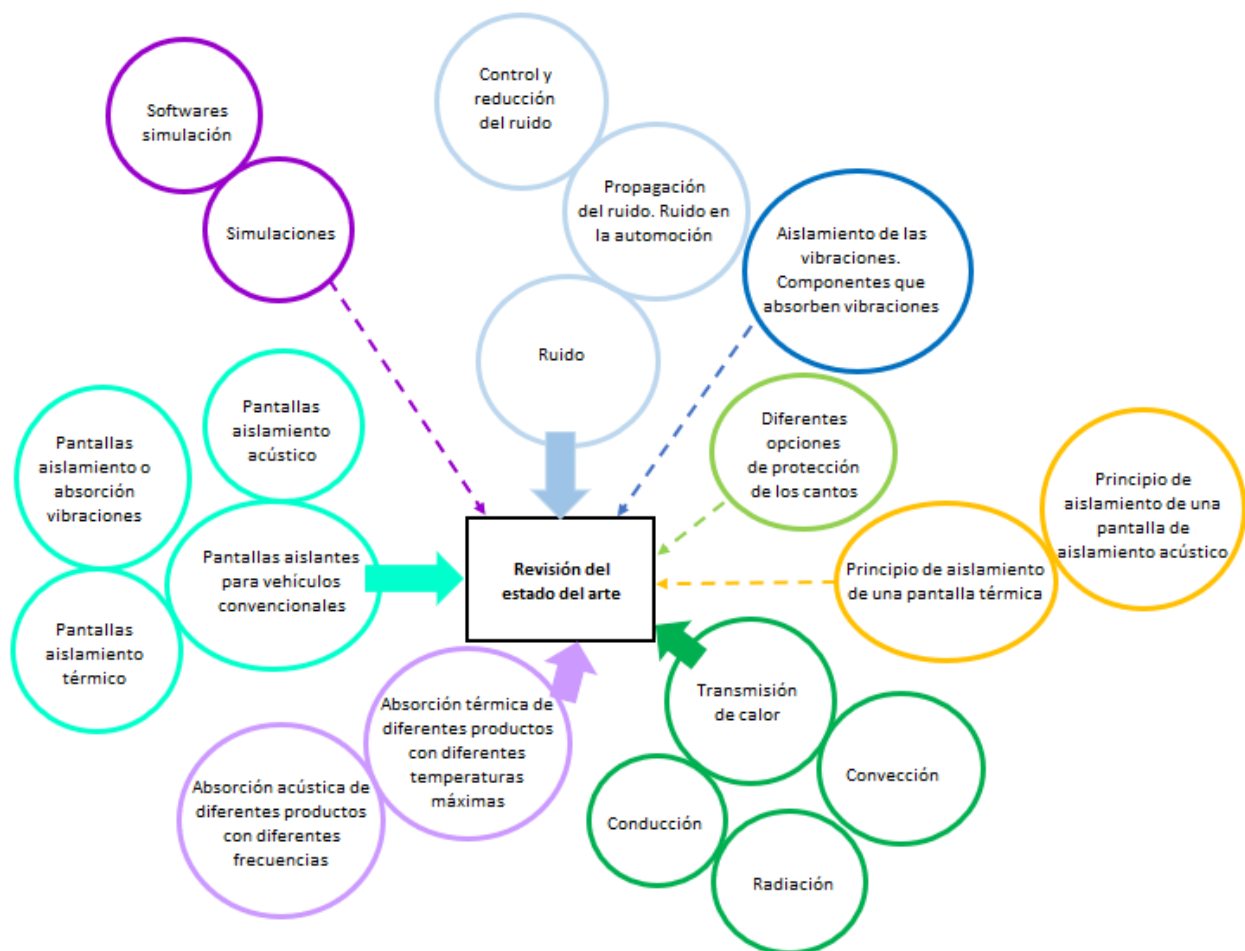


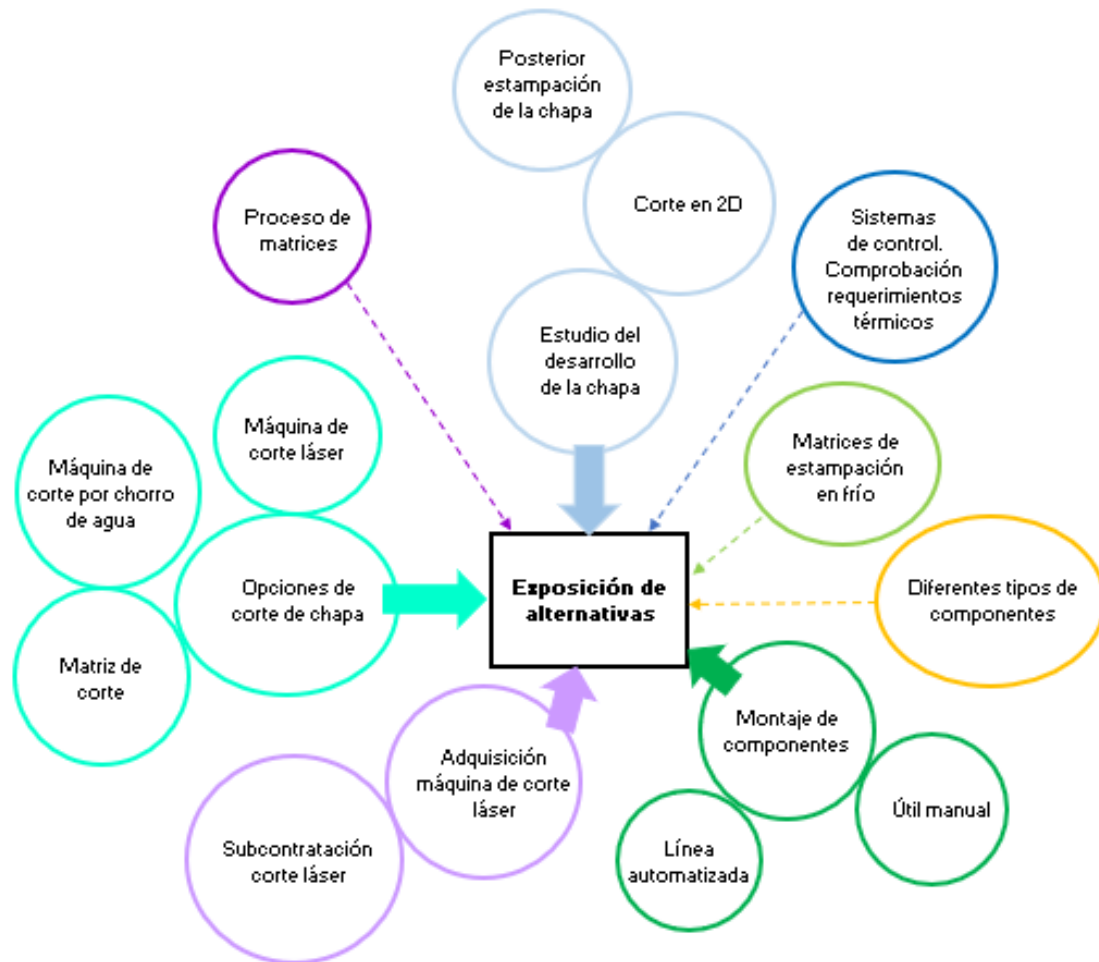
Imagen 36 Diagrama de la revisión del estado del arte

### Exposición de alternativas y posibles soluciones

A partir del análisis realizado de la situación de partida y del estudio llevado a cabo del estado del arte, se exponen una serie de alternativas y posibles soluciones a implantar.

Las actividades de estado del arte y exposición de alternativas y posibles soluciones están conectadas bidireccionalmente, dado que, durante el desarrollo del proyecto, pueden surgir necesidades de ampliar el marco teórico de algún concepto en concreto.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



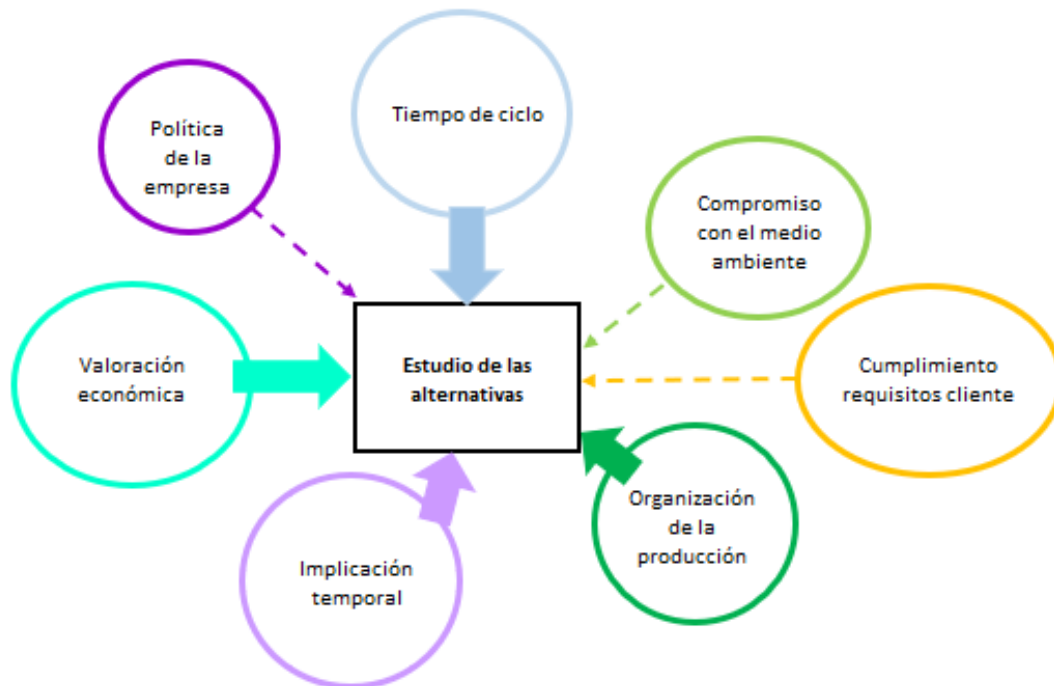
*Imagen 37 Diagrama de Exposición de alternativas*

### Estudio de alternativas

Una vez expuestas, es necesario realizar un pequeño estudio sobre cada una de ellas. De esta manera, se obtiene información y datos relevantes en el caso de aplicar cualquier de las expuestas.

Permite a su vez, identificar las ventajas e inconvenientes que cada alternativa tiene.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 38 Diagrama de estudio de alternativas*

### **Elección de la alternativa a desarrollar**

Tras haber llevado a cabo un estudio para obtener todos los datos necesarios de cada alternativa, se lleva a cabo el proceso de elección para la toma de decisión y decidir qué alternativa se va a desarrollar como solución a la situación de partida.

### **Desarrollo de la solución**

Una vez escogida la alternativa que se va a considerar la solución, se explica en mayor detalle y se desarrolla realizando los estudios y cálculos pertinentes.

## 4.2. Gestión del alcance

Con el fin de realizar una correcta planificación del alcance del proyecto, es de gran importancia definir con claridad el WBS o EDT: Estructura de desglose de Trabajo.

### 4.2.1. Definición del ETD: Estructura de desglose de trabajo

En la siguiente tabla, se expone la descripción en detalla a tres niveles de los componentes del ETD, o en inglés WBS (Work-breakdown structure), es básicamente la presentación de la identificación de tareas a llevar a cabo:

#### Definición del ETD para la planificación del proyecto

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
<b>1 Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil</b>	1.1 Gestión inicial del proyecto	1.1.1	Definición del producto. Especificaciones técnicas
		1.1.2	Definición del motor y sus características
		1.1.3	Definición requerimientos térmicos
		1.1.4	Definición requerimientos acústicos
		1.1.5	Definición requerimientos vibraciones
		1.1.6	Definición requerimientos dimensionales
		1.1.7	Definición requerimientos montaje y seguridad
		1.1.8	Definición requerimientos medioambientales
		1.1.9	Definición y estudio de la vida del producto
	1.2 Fase de desarrollo	1.2.1	Elección del material de las capas metálicas
		1.2.2	Elección del material aislante de en medio
		1.2.3	Definición de los inputs necesarios para la simulación
		1.2.4	Simulación modal

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

		1.2.5	Simulación con la señal del motor
		1.2.6	Estudio resultados simulación
		1.2.7	Estudio diferentes tipos de componentes
		1.2.8	Definición del proceso de producción
		1.2.9	Simulaciones mecánicas
		1.2.10	Estudio resultados simulación
	1.3 Materia prima	1.3.1	Acopio de materia prima
		1.3.2	Corte de formatos para primeras pruebas
		1.3.3	Transporte formatos hasta el constructor de matrices
	1.4 Implantación producción	1.4.1	Estudio implantación de la solución
		1.4.2	Análisis de la información facilitada por desarrollo
		1.4.3	Diseño matrices
		1.4.4	Construcción de las matrices
		1.4.5	Primeras muestras
		1.4.6	Puesta a punto inicial
		1.4.7	Transporte matrices hasta la empresa
		1.4.8	Puesta a punto interna en la compañía
		1.4.9	Pruebas de producción
		1.4.10	Validación del proceso

Tabla 8 Definición del ETD para el proyecto

Definición del ETD para la planificación del proyecto de estudio

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	
	1.1 Gestión del proyecto	1.1.1	Inicio del proyecto
		1.1.2	Alcance. Creación del WBS
		1.1.3	Gestión del tiempo
		1.1.4	Planificación de riesgos

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

<b>1 Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil</b>		1.1.5	Presupuesto inicial del estudio
	1.2 Análisis situación inicial	1.2.1	Presentación de la empresa
		1.2.2	Historia y actividad de la empresa
		1.2.3	Productos y requerimientos habituales
		1.2.4	Organigrama. Departamentos y personal
		1.2.5	Recursos y maquinaria
		1.2.6	Normativa
		1.2.7	Layout de la empresa
		1.2.8	Flujo del producto
		1.2.9	Procesos de fabricación habituales
		1.2.10	Mantenimiento de los utillajes
		1.2.11	Validación del producto
		1.2.12	Sistemas de comprobación y control del producto
		1.2.13	Certificación de la empresa
	1.3 Identificación de problemas	1.3.1	Organizativos
		1.3.2	Flexibilidad productiva
		1.3.3	Problemas de espacio
		1.3.4	Sistemas de comprobación. Control de calidad
	1.4 Revisión estado del arte	1.4.1	Pantallas aislantes. Térmicas, acústicas y vibraciones
		1.4.2	Aislamiento térmico
		1.4.3	Aislamiento acústico
		1.4.4	Vibraciones
		1.4.5	Simulaciones
		1.4.6	Procesos de fabricación
		1.4.7	Matrices
		1.4.8	Máquinas de corte láser
		1.4.9	Máquinas de corte por chorro de agua

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

	1.5 Exposición de alternativas	1.5.1	Organización de la fase de desarrollo del producto
		1.5.2	Alternativas fase de producción
	1.6 Estudio de alternativas	1.6.1	Implicación económica
		1.6.2	Implicación temporal
		1.6.3	Valoración alternativa
		1.6.4	Comparación entre alternativas
		1.6.5	Elección de la alternativa a desarrollar
	1.7 Desarrollo de la alternativa	1.7.1	Presentación
		1.7.2	Estudio económico. Presupuesto implantación
		1.7.3	Estudio de tiempo. Diagrama de Gantt
		1.7.4	Análisis de riesgos
		1.7.5	Presupuesto final del proyecto
		1.7.6	Viabilidad
		1.7.7	Seguridad e Higiene
		1.7.8	Análisis medioambiental
		1.7.9	Conclusiones

*Tabla 9 Definición del ETD para el proyecto de estudio*

#### 4.2.2. Diccionario del ETD

Seguidamente se presenta el diccionario del WBS anteriormente definido, con el fin de añadir todos los detalles relevantes con respecto a cada nivel.

Definición del diccionario del ETD para la planificación del proyecto

Nivel	Jerarquía	Tarea	Definición
1	1	Estudio de la organización del desarrollo y producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil	Estudio de la fase de desarrollo, así como de la implantación de la producción, para llevar a cabo una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil



## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

2	1.1	<b>Gestión inicial del proyecto</b>	<b>Gestión inicial necesaria para la recopilación de datos necesarios para el inicio y desarrollo del proyecto de implantación</b>
3	1.1.1	Definición del producto. Especificaciones técnicas	Definición de las características del producto, tales como el diseño, geometría, etc. Para poder facilitar un punto de partida en el estudio.
3	1.1.2	Definición del motor y sus características	Definición del tipo de motor del que se trata. Definición de las características principales, tales como frecuencias en función de aceleraciones, temperatura de trabajo, etc. Todos los parámetros necesarios para el desarrollo del proyecto.
3	1.1.3	Definición requerimientos térmicos	Definición de los requerimientos térmicos básicos que la pantalla deberá de cumplir como mínimo.
3	1.1.4	Definición requerimientos acústicos	Definición de los requerimientos acústicos básicos que la pantalla deberá de cumplir como mínimo.
3	1.1.5	Definición requerimientos vibraciones	Definición de los requerimientos de vibraciones básicos que la pantalla deberá de cumplir como mínimo.
3	1.1.6	Definición requerimientos dimensionales	Definición de los requerimientos dimensionales mínimos de la pantalla: tolerancias de contorno, tolerancias de superficie, tolerancia de posicionamiento de taladro y tolerancia de dimensiones de los taladros.
3	1.1.7	Definición requerimientos montaje y seguridad	Definición de los requerimientos de montaje que habrá que tener en cuenta para la pantalla, además de, los requisitos de seguridad que ésta deberá de cumplir, con el fin de garantizar los procesos internos de cliente.
3	1.1.8	Definición requerimientos medioambientales	Definición de los criterios mínimos medioambientales que el proceso deberá de cumplir en todas sus fases. También requerirá, del estudio de los residuos del mismo proceso de producción, entre otros.
3	1.1.9	Definición y estudio de la vida del producto	Definición de la vida del producto. Obtención de datos del volumen teórico del proyecto en total y de manera anual, para poder estudiar adecuadamente su implantación.
2	1.2	<b>Fase de desarrollo</b>	<b>Fase llevada a cabo por el equipo de desarrollo, dentro del departamento de RD+I, con todas las actividades principales expuestas a continuación</b>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

3	1.2.1	Elección del material de las capas metálicas	Estudio de las posibilidades que ofrece el mercado en base al know how del equipo y a los requerimientos técnicos que el producto debe de cumplir. Posterior elección del material de las capas metálicas, según estudio.
3	1.2.2	Elección del material aislante de en medio	Estudio de las posibilidades que ofrece el mercado en base al know how del equipo y a los requerimientos técnicos que el producto debe de cumplir. Posterior elección del material aislante de en medio de las capas metálicas, según estudio.
3	1.2.3	Definición de los inputs necesarios para la simulación	Definición de los inputs necesarios para poder llevar a cabo todas las simulaciones relevantes en relación al proyecto y al cumplimiento de requerimientos técnicos.
3	1.2.4	Simulación modal	Realización de la simulación modal del producto para poder estudiar el comportamiento vibracional en los modos que se definan.
3	1.2.5	Simulación con la señal del motor	Realización de la simulación añadiendo la señal del motor a toda la información del comportamiento vibracional de la pantalla.
3	1.2.6	Estudio resultados simulación	Análisis y estudio de los resultados obtenidos tanto de la simulación modal, como de la simulación posterior con la señal del motor, para las posteriores tomas de decisiones.
3	1.2.7	Estudio diferentes tipos de componentes	Estudio y análisis de algunas de las opciones que ofrece el mercado en cuanto a componentes para los puntos de fijación del producto. Valoración de los mismos para la toma de decisiones.
3	1.2.8	Definición del proceso de producción	A partir de toda la información y resultados anteriores, definición del proceso de producción necesario para llevar a cabo la pantalla.
3	1.2.9	Simulaciones mecánicas	Realización de las simulaciones mecánicas para validar que el proceso con los materiales anteriormente definidos, es correcto y factible para los resultados que se desean obtener.
3	1.2.10	Estudio resultados simulación	Estudio y análisis de los resultados obtenidos en las simulaciones mecánicas.
2	1.3	<b>Materia prima</b>	<b>Gestión necesaria con respecto a la materia prima que se empleará en la producción de la pantalla</b>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

3	1.3.1	Acopio de materia prima	Acopio de la materia prima, tanto bobina de material metálico como el acopio del material aislante.
3	1.3.2	Corte de formatos para primeras pruebas	Corte de los formatos necesarios para las primeras pruebas durante la fase de construcción de las matrices.
3	1.3.3	Transporte formatos hasta el constructor de matrices	Gestión del transporte para enviar los formatos ya cortados, así como el material aislante, desde la compañía hasta el constructor de matrices que se encargará de llevar a cabo las primeras pruebas.
2	1.4	<b>Implantación de la producción</b>	<b>Proceso de implantación de todas las decisiones anteriormente estudiadas y analizadas</b>
3	1.4.1	Estudio implantación de la solución	Estudio y análisis para la implantación de la solución o soluciones escogidas.
3	1.4.2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	Análisis y estudio previo de la información facilitada por el equipo de desarrollo para tomar en cuenta las consideraciones necesarias para el correcto planteamiento del diseño de las matrices y tareas posteriores.
3	1.4.3	Diseño matrices	Desarrollo del diseño de las matrices en función de todos los estudios previos.
3	1.4.4	Construcción de las matrices	Fase de construcción de las matrices. Acopio de material, compra de aceros, compra de elementos normalizados, trabajos de mecanizado, trabajos de marmoleo, pulido, montaje, etc.
3	1.4.5	Primeras muestras	Realización de primeras pruebas de cada matriz bajo prensa hidráulica para validar el correcto funcionamiento de la misma. Producción de primeras piezas con los formatos cortados facilitados con anterioridad.
3	1.4.6	Puesta a punto inicial	Puesta a punto bajo prensa hidráulica de todas las matrices, a partir de los resultados obtenidos en las primeras pruebas y de acuerdo los requisitos de calidad de la compañía.
3	1.4.7	Transporte matrices hasta la empresa	Transporte de las matrices finalizadas hasta la compañía.
3	1.4.8	Puesta a punto interna en la compañía	Puesta a punto interna de las matrices. Validación inicial bajo prensa hidráulica de cada matriz. Validación bajo prensa mecánica de todo el proceso, aplicando los ajustes necesarios.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

3	1.4.9	Pruebas de producción	Pruebas de producción para poder validar la calidad del producto final obtenido y comprobar que está acorde a los requerimientos de cliente y propios de calidad.
3	1.4.10	Validación del proceso	Validación final del proceso tras haber realizado las pruebas y actividades anteriores con éxito.

*Tabla 10 Diccionario del ETD del proyecto*

Definición del diccionario del ETD para la planificación del proyecto de estudio

Nivel	Jerarquía	Tarea	Definición
1	1	<b>Estudio de la organización del desarrollo y producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil</b>	<b>Estudio por parte de un recurso de ingeniería para mejorar la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento acústico, térmico y a vibraciones para un motor de automóvil</b>
2	1.1	<b>Gestión inicial del proyecto</b>	<b>Gestión inicial necesaria para la recopilación de datos necesarios para el inicio y desarrollo del proyecto de estudio</b>
3	1.1.1	Inicio del proyecto	Consideraciones iniciales básicas para el comienzo del proyecto de estudio.
3	1.1.2	Alcance. Creación del WBS	Definición y análisis del alcance del estudio. Creación del WBS o ETD, Estructura de desglose de trabajos a realizar durante toda la fase del estudio.
3	1.1.3	Gestión del tiempo	Análisis de la gestión del tiempo. Preparación y desarrollo de los diagramas para su correcto control, tales como Gantt. Definición de todas las actividades, así como su duración y su relación con las otras.
3	1.1.4	Planificación de riesgos	Estudio e identificación de los riesgos que pueden aparecer durante el desarrollo del proyecto y planificar en qué fases del mismo, pueden aparecer.
3	1.1.5	Presupuesto inicial del estudio	Realización del presupuesto inicial para llevar a cabo el estudio solicitado.
2	1.2	<b>Análisis de la situación inicial</b>	<b>Definición de las tareas necesarias para realizar un análisis de la situación de partida</b>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

3	1.2.1	Presentación de la empresa	Presentación de la compañía para obtener un primer contacto de las instalaciones, políticas de empresa, valores, misión y objetivos, etc.
3	1.2.2	Historia y actividad de la empresa	Presentación de la historia de la compañía, así como la actividad que ésta desarrolla.
3	1.2.3	Productos y requerimientos habituales	Presentación de los productos de producción habituales y sus requerimientos técnicos y de calidad habituales y básicos para la empresa.
3	1.2.4	Organigrama. Departamentos y personal	Definición del organigrama actual. Presentación de los diferentes departamentos implicados en el proyecto de estudio y su personal principal.
3	1.2.5	Recursos y maquinaria	Presentación de los recursos de los que dispone la compañía, así como de los recursos de maquinaria.
3	1.2.6	Normativa	Presentación de la normativa de la maquinaria y de la actividad propia que desarrolla la empresa.
3	1.2.7	Layout de la empresa	Presentación del layout actual del que dispone la empresa.
3	1.2.8	Flujo del producto	Definición, estudio y análisis del flujo que realiza el producto, así como la materia prima para optimizar y reducir aspectos como almacenamientos innecesarios.
3	1.2.9	Procesos de fabricación habituales	Definición, estudio y análisis de los procesos de fabricación habituales en la actividad de la empresa: matrices.
3	1.2.10	Mantenimiento de los utillajes	Definición e implicación económica y de tiempo, de los mantenimientos que se realizan periódicamente a las matrices.
3	1.2.11	Validación del producto	Presentación del método empleado para la validación de los productos.
3	1.2.12	Sistemas de comprobación y control del producto	Presentación de los sistemas de comprobación y control del producto en la empresa.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

3	1.2.13	Certificación de la empresa	Presentación de las certificaciones que posee la empresa para poder llevar a cabo su actividad en el sector de la automoción.
2	1.3	<b>Identificación de problemas</b>	<b>Fase de identificación de las principales debilidades y problemas de la empresa para poder desarrollar el proyecto de estudio</b>
3	1.3.1	Organizativos	Estudio de la organización de la empresa. Localización y análisis de los principales problemas organizativos.
3	1.3.2	Flexibilidad productiva	Estudio de la flexibilidad de la empresa. Análisis de las limitaciones actuales.
3	1.3.3	Problemas de espacio	Estudio de los problemas de espacio que sufre la empresa en la actualidad, derivados de los procesos productivos empleados.
3	1.3.4	Sistemas de comprobación. Control de calidad	Estudio y análisis de los sistemas de comprobación empleados en la producción. Identificación de debilidades y carencias del sistema de control.
2	1.4	<b>Revisión del estado del arte</b>	<b>Fase de revisión del estado del arte respecto a diferentes aspectos para disponer de la información necesaria con el fin de plantear alternativas interesantes para la actividad de la empresa</b>
3	1.4.1	Pantallas aislantes. Térmicas, acústicas y vibraciones	Revisión y estudio de las pantallas con multi funciones de aislamiento.
3	1.4.2	Aislamiento térmico	Revisión y estudio del fenómeno de aislamiento térmico, así como de los principales principios relacionados para disponer de todos los conceptos necesarios a nivel térmico.
	1.4.3	Aislamiento acústico	Revisión y estudio del fenómeno de aislamiento acústico, así como de los principales principios relacionados para disponer de todos los conceptos necesarios a nivel acústico.
3	1.4.4	Vibraciones	Revisión y estudio del fenómeno de aislamiento de vibraciones, así como de los principales principios relacionados para disponer de todos los conceptos necesarios a nivel de vibraciones.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

3	1.4.5	Simulaciones	Revisión de los tipos de simulaciones necesarias para el correcto estudio de un caso como el presentado, para poder mejorar y optimizar la fase de desarrollo.
3	1.4.6	Procesos de fabricación	Revisión de las opciones diferentes de procesos de fabricación para poder llevar a cabo la producción de la pantalla.
3	1.4.7	Matrices	Revisión y estudio de diferentes tipos de matrices y de sus principales características: precio, plazo, implicaciones, limitaciones, flexibilidad, etc.
3	1.4.8	Máquinas de corte láser	Revisión y estudio de las máquinas de corte láser y de sus principales características: precio, plazo, implicaciones, limitaciones, flexibilidad, etc.
3	1.4.9	Máquinas de corte por chorro de agua	Revisión y estudio de las máquinas de corte por chorro de agua y de sus principales características: precio, plazo, implicaciones, limitaciones, flexibilidad, etc.
2	1.5	<b>Exposición de alternativas</b>	<b>Exposición de alternativas con sus valoraciones y propiedades principales, para poder realizar un correcto análisis y posterior elección</b>
3	1.5.1	Organización de la fase de desarrollo del producto	Exposición de alternativas para la mejora de la fase de desarrollo en ámbito organizacional.
3	1.5.2	Alternativas fase de producción	Exposición, de las diferentes alternativas que podrían emplearse para llevar a cabo la producción de la pantalla.
2	1.6	<b>Estudio de alternativas</b>	<b>Fase de estudio de las alternativas. Valoración de cada una de ellas y exposición de sus correspondientes limitaciones o debilidades.</b>
3	1.6.1	Implicación económica	Valoración de la implicación económica de cada alternativa propuesta.
3	1.6.2	Implicación temporal	Valoración de la implicación temporal de cada alternativa propuesta.
3	1.6.3	Valoración alternativa	Valoración global, considerando aspectos técnicos entre otros, de cada alternativa.
3	1.6.4	Comparación entre alternativas	Realización de la comparativa entre las diferentes alternativas.
3	1.6.5	Elección de la alternativa a desarrollar	Selección de la alternativa escogida para desarrollar.



### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

2	1.7	Desarrollo de la alternativa	Fase de desarrollo de la solución escogida
3	1.7.1	Presentación	Presentación de la alternativa que se ha escogido como solución del estudio.
3	1.7.2	Estudio económico. Presupuesto implantación	Realización del estudio económico para llevar a cabo la implantación de la solución.
3	1.7.3	Estudio de tiempo. Diagrama de Gantt	Realización del estudio de tiempo, con todas las actividades necesarias, así como su duración y relación con las demás actividades; de la solución.
3	1.7.4	Análisis de riesgos	Análisis de riesgos de la solución escogida.
3	1.7.5	Presupuesto final del proyecto	Realización del presupuesto final para llevar a cabo el proyecto.
3	1.7.6	Viabilidad	Análisis y estudio de la viabilidad del proyecto.
3	1.7.7	Seguridad e Higiene	Análisis y estudio de la seguridad e higiene del proyecto.
3	1.7.8	Análisis medioambiental	Realización del análisis medioambiental del proyecto.
3	1.7.9	Conclusiones	Exposición de las principales conclusiones a la finalización del proyecto.

*Tabla 11 Diccionario del ETD del proyecto de estudio*

## 4.3. Planificación del tiempo

Antes de iniciar el proyecto, es muy importante realizar una correcta gestión y planificación del tiempo. El proyecto se ha dividido en dos proyectos independientes, de los cuales, en cada caso, se ha elaborado un diagrama de Gantt con sus hitos y fechas correspondientes.

Por un lado, se ha considerado el proyecto de estudio para proponer soluciones y desarrollar la escogida; y, por otro lado, se ha considerado el proyecto de implementar la solución escogida.

La planificación permite ordenar las tareas en el tiempo de acuerdo con una secuencia lógica, tomando en consideración todas las relaciones que existen entre las diferentes tareas: actividades antecesoras, actividades predecesoras, etc.

### 4.3.1. Planificación del proyecto de estudio. Diagrama de Gantt.

A continuación, se expone la planificación llevada a cabo para desarrollar el estudio solicitado por la empresa, con el fin de dar solución tanto al problema del desarrollo de la pantalla, como a los problemas de organización de la empresa.

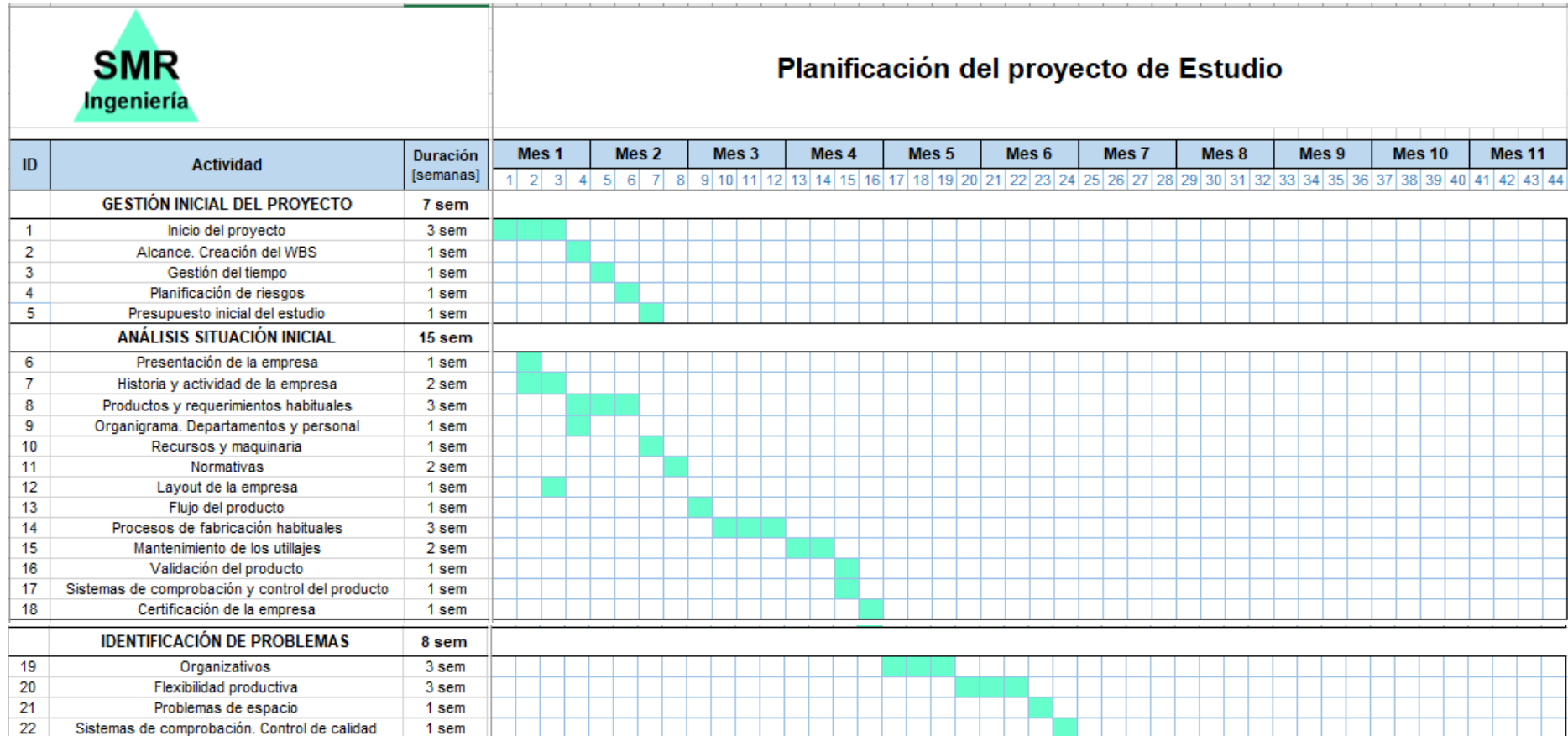
Los hitos principales definidos, son los siguientes:

- Gestión inicial del proyecto.
- Análisis de la situación inicial.
- Identificación de problemas.
- Revisión del estado del arte.
- Exposición de alternativas.
- Estudio de las alternativas y elección de la solución
- Desarrollo de la alternativa o solución.

TFM

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

A continuación, se presenta el Diagrama de Gantt con la planificación del proyecto de Estudio.



TFM

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

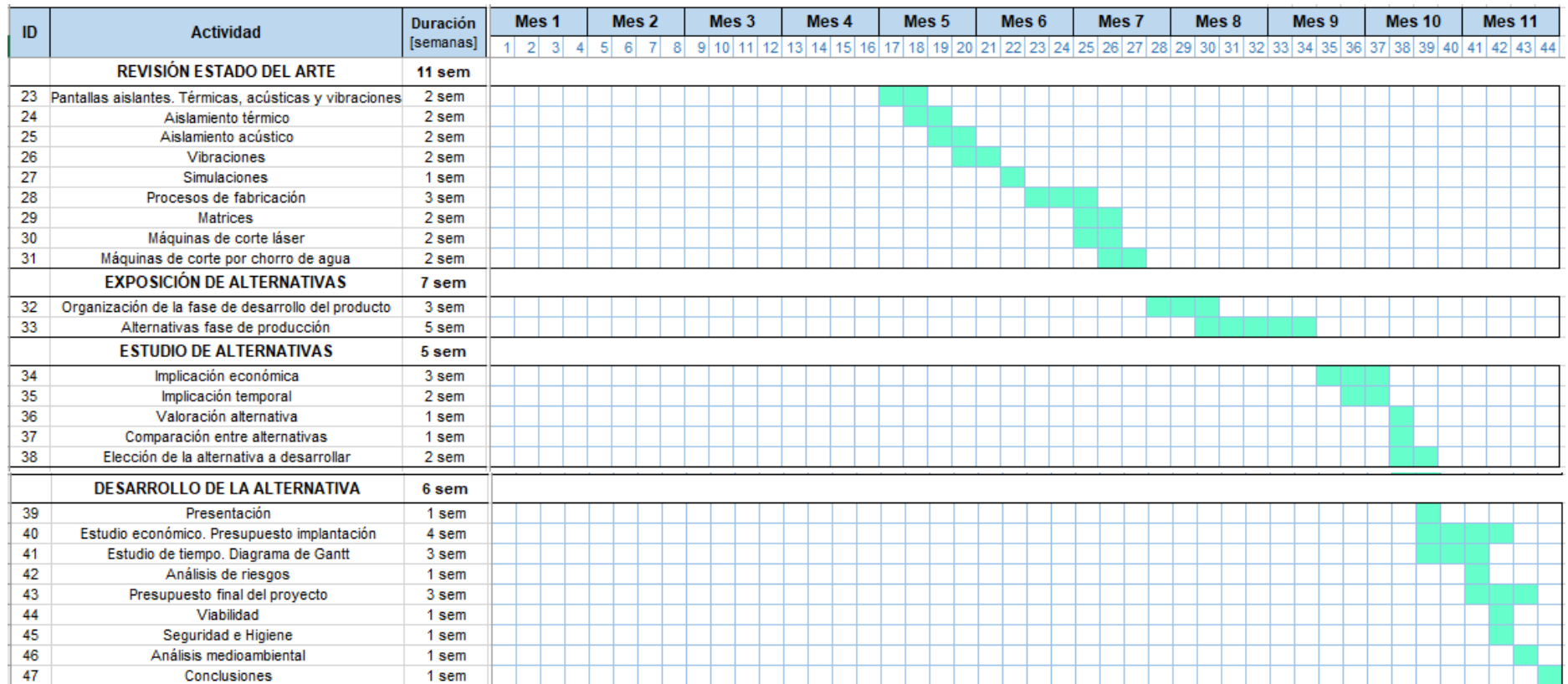
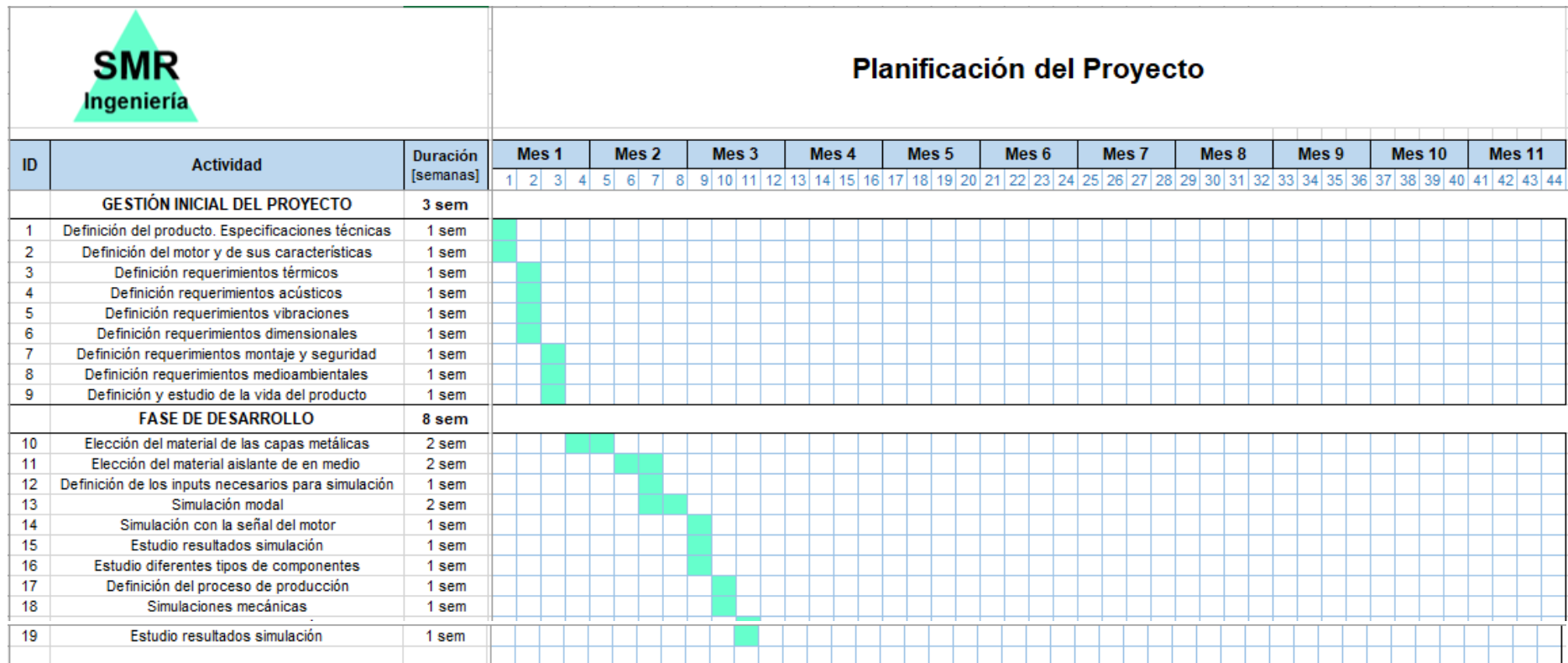


Imagen 39 Resumen diagrama de Gantt con la planificación del proyecto de estudio

#### 4.3.2. Planificación del proyecto. Diagrama de Gantt.

Seguidamente, se presenta el diagrama de Gantt con los principales hitos del proyecto y sus fechas. Se ha considerado la actividad habitual de la empresa para definir las actividades principales, así como sus tareas.



TFM

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

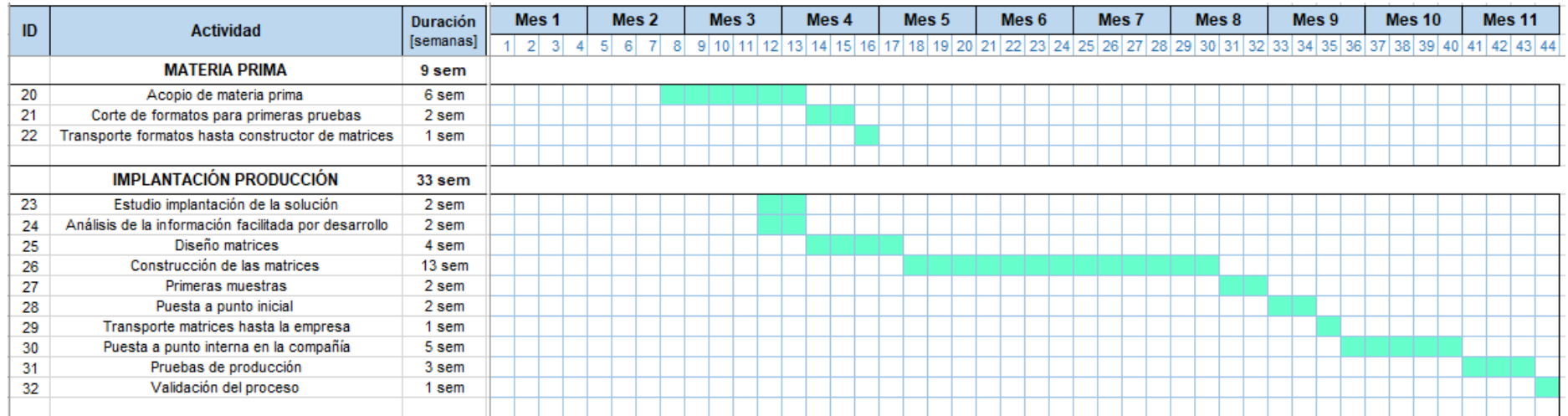


Imagen 40 Resumen diagrama de Gantt con la planificación del proyecto

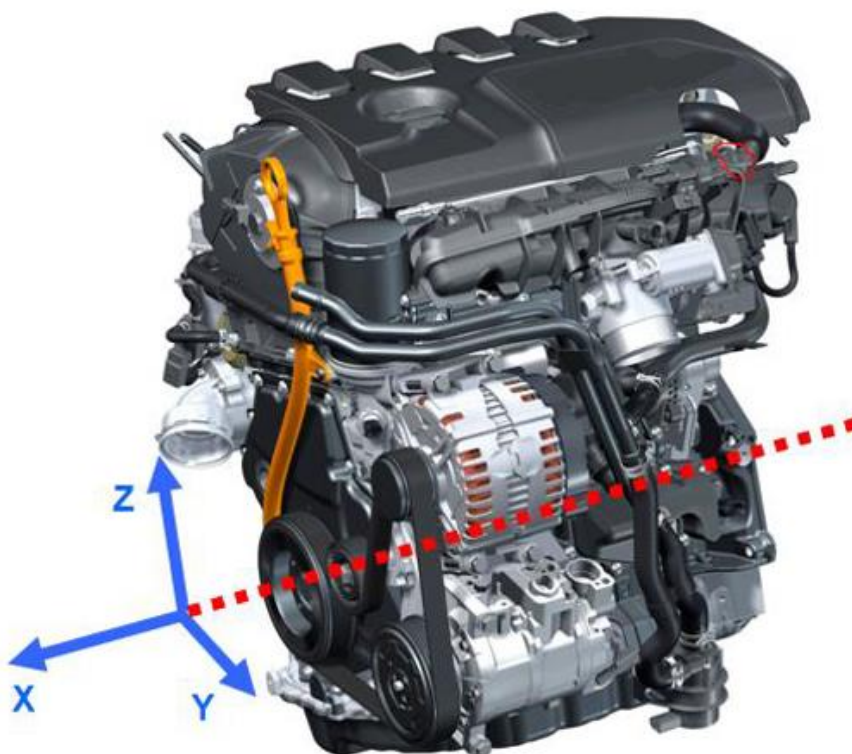
## 5. Descripción del punto de partida

En este apartado, se define la situación o punto de partida del proyecto. Se presenta toda la información facilitada por cliente, así como los requerimientos básicos que la pantalla deberá de cumplir a niveles térmico, acústico, y vibraciones; entre otros.

### 5.1. Definición del producto

Dados tres motores V8 TDI, de tres proveedores diferentes, A, B y C; con unos datos de aceleración para cada frecuencia y cada eje, surge la necesidad de desarrollar y producir una pantalla que cumpla con requerimientos de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones; con el fin de garantizar que los elementos circundantes al motor no sufren problemas. Así como para garantizar que el usuario final podrá obtener un producto con todas las garantías y comforts.

A continuación, se presenta una imagen del motor de uno de los proveedores, respecto al cual, es necesario plantear una solución que dé cobertura a todos los requerimientos.



*Imagen 41 Motor V8 TDI*

El motor tiene una temperatura en continuo de 500°C en la parte superior que es donde irá ensamblada la pantalla. Además, este ya tiene una serie de sistemas de aislamiento dentro de él, para aislar los puntos de más temperatura.



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

A continuación, se presentan tres gráficas facilitadas por cliente para evaluar tres motores distintos V8 TDI de tres proveedores diferentes. En las gráficas aparecen las aceleraciones del motor concreto, según leyenda, expresada en [g] para cada frecuencia [Hz] y para cada eje X, Y, Z, según la imagen superior.

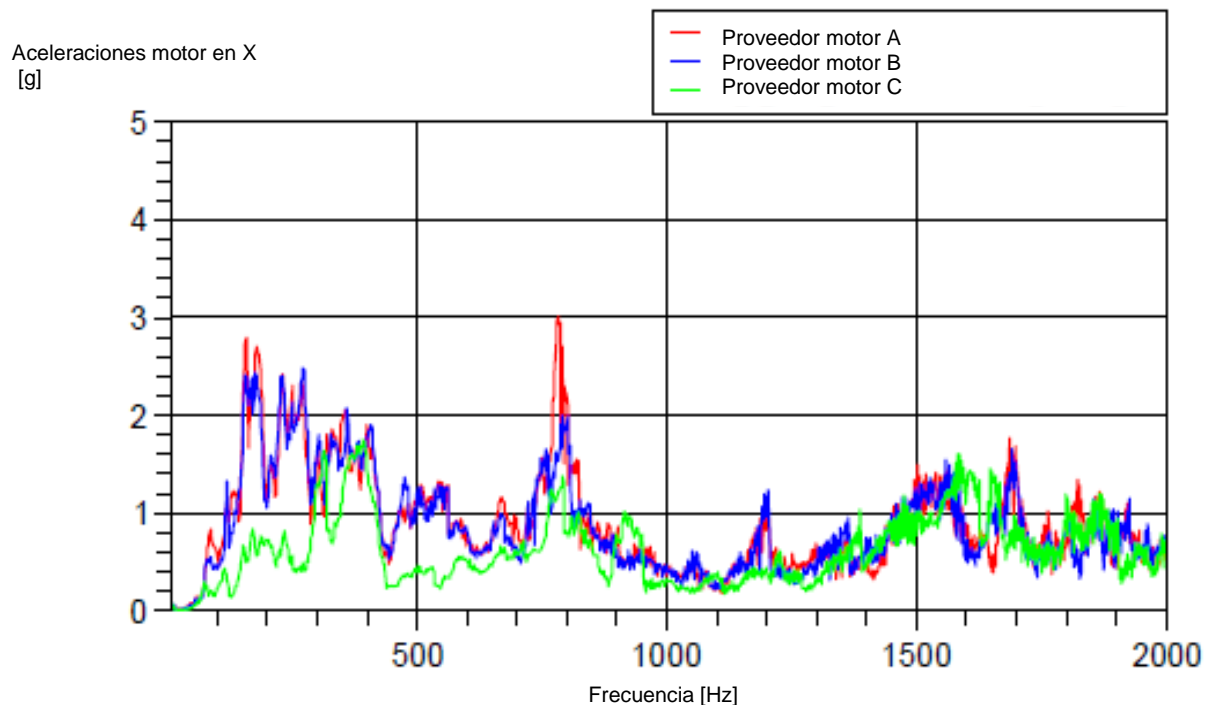


Gráfico 6 Aceleraciones de motor en función de frecuencias para el eje X

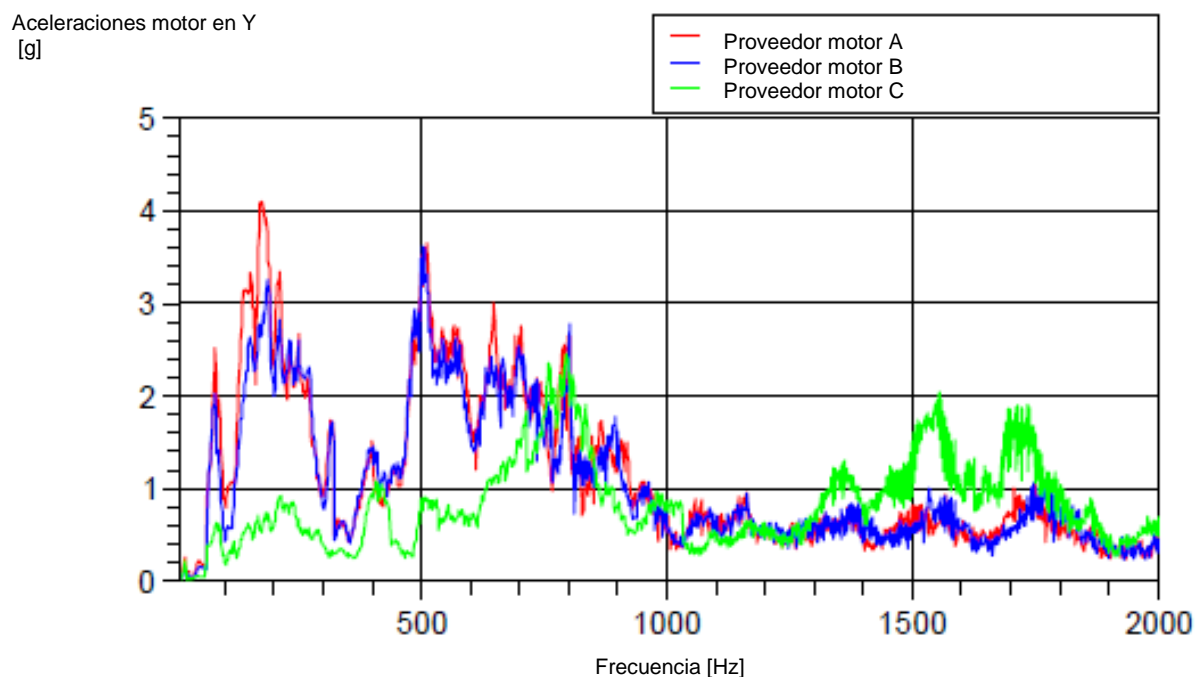


Gráfico 7 Aceleraciones de motor en función de frecuencias para el eje Y

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Aceleraciones motor en Z  
[g]

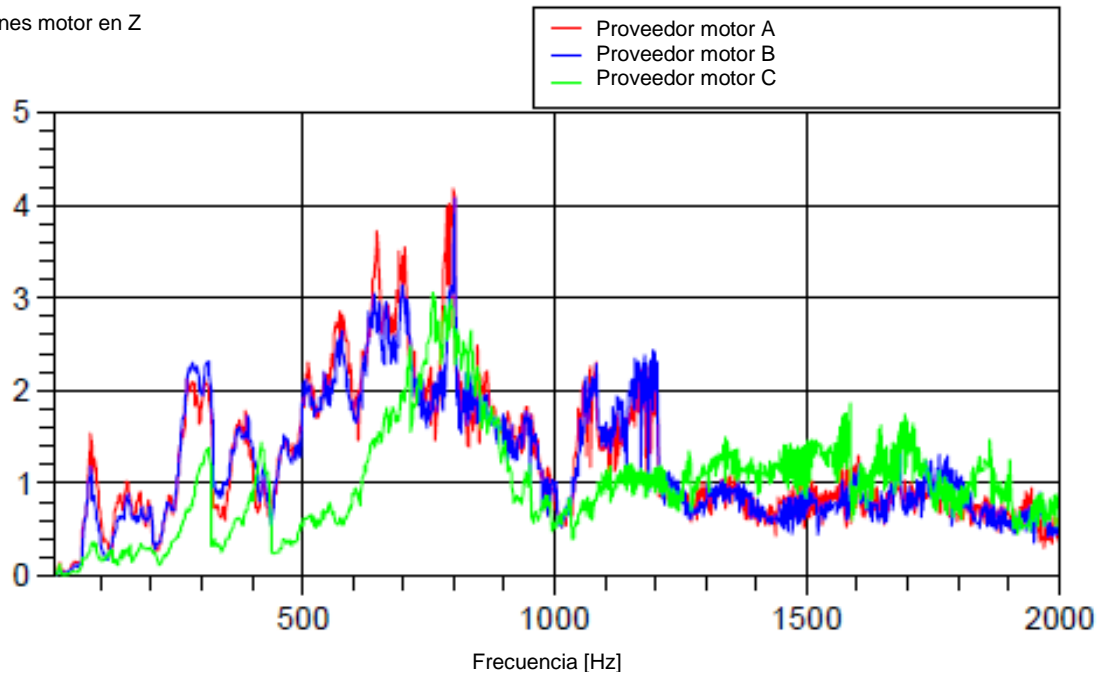


Gráfico 8 Aceleraciones de motor en función de frecuencias para el eje Z

### Obtención de datos de los gráficos anteriores

Dichas gráficas son información facilitada por el cliente. Para obtener esos datos, es necesaria la colocación de un acelerómetro en cada eje (X, Y, Z) para que se midan las aceleraciones en  $[m/s^2]$  para cada uno de ellos. Los datos obtenidos por los acelerómetros, son datos en el dominio del tiempo  $[m/s^2]$ .

Dado que, para asegurar el correcto desarrollo de las pruebas y simulaciones, no es útil trabajar con unidades en el dominio del tiempo, ya que, los cálculos son mucho más complejos en los programas CAE. Por ese motivo, cliente ya facilita los datos (los tres gráficos) en el dominio de la frecuencia.

Aceleraciones motor en Z  
[g]

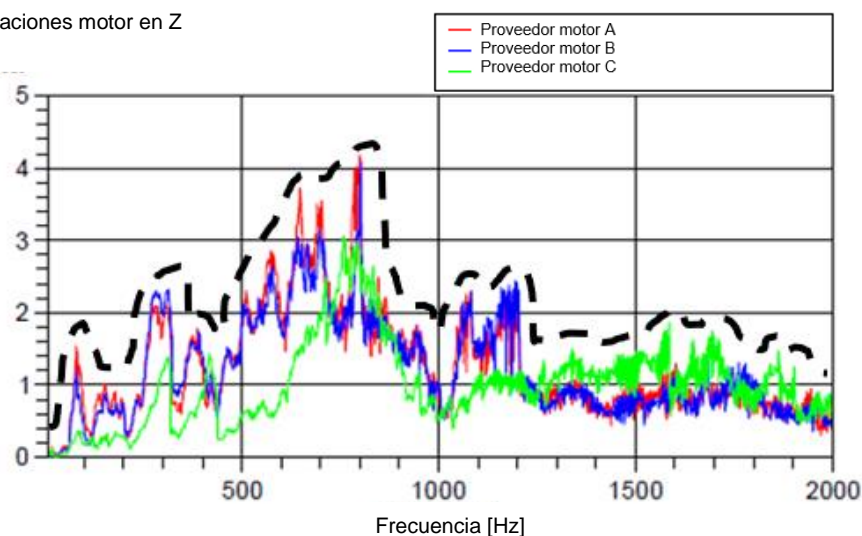


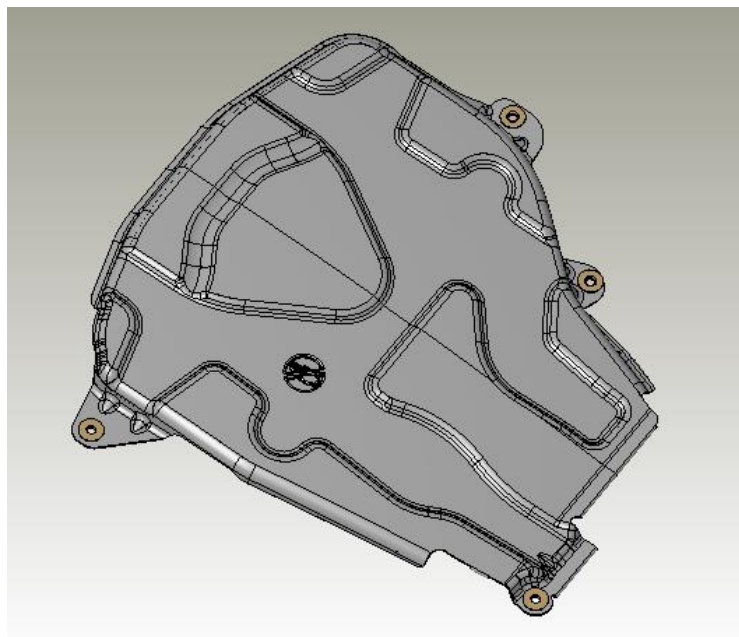
Gráfico 9 Simplificación de los datos por el lado de la seguridad

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Para cada uno de los gráficos, se realiza una simplificación por el lado de la seguridad (según el gráfico anterior), asegurando que todos los picos quedan dentro de la simplificación. La simplificación es la línea discontinua negra que abarca todos los valores.

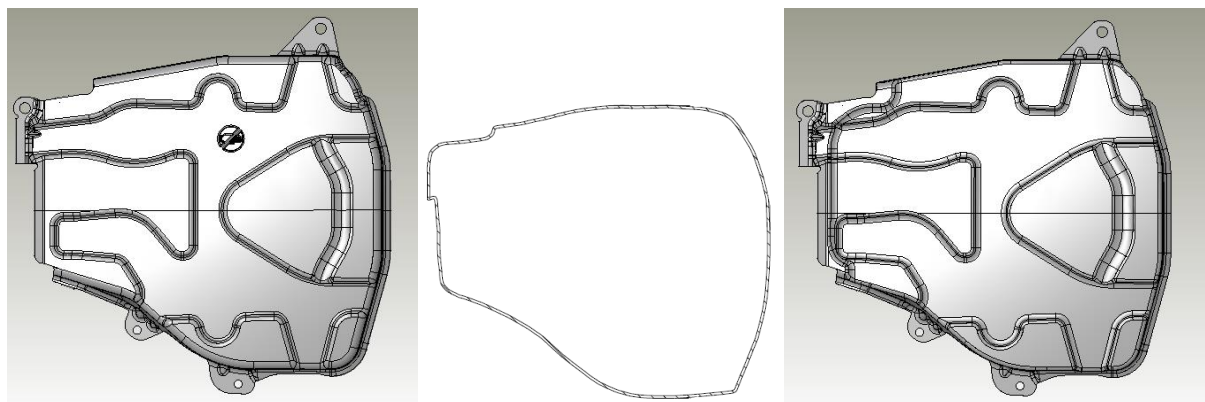
### 5.1.1. Pantalla aislamiento térmico, acústico y a vibraciones

La geometría de la pantalla, es un requerimiento de cliente, y ya está definida, según la siguiente imagen:



*Imagen 42 Diseño de la pantalla facilitado por cliente*

Con el fin de cumplir con los requisitos de apantallamiento, la pieza está formada por tres capas, además de los componentes, de acuerdo con el siguiente esquema:



*Imagen 43 Esquema despiece de la pantalla*

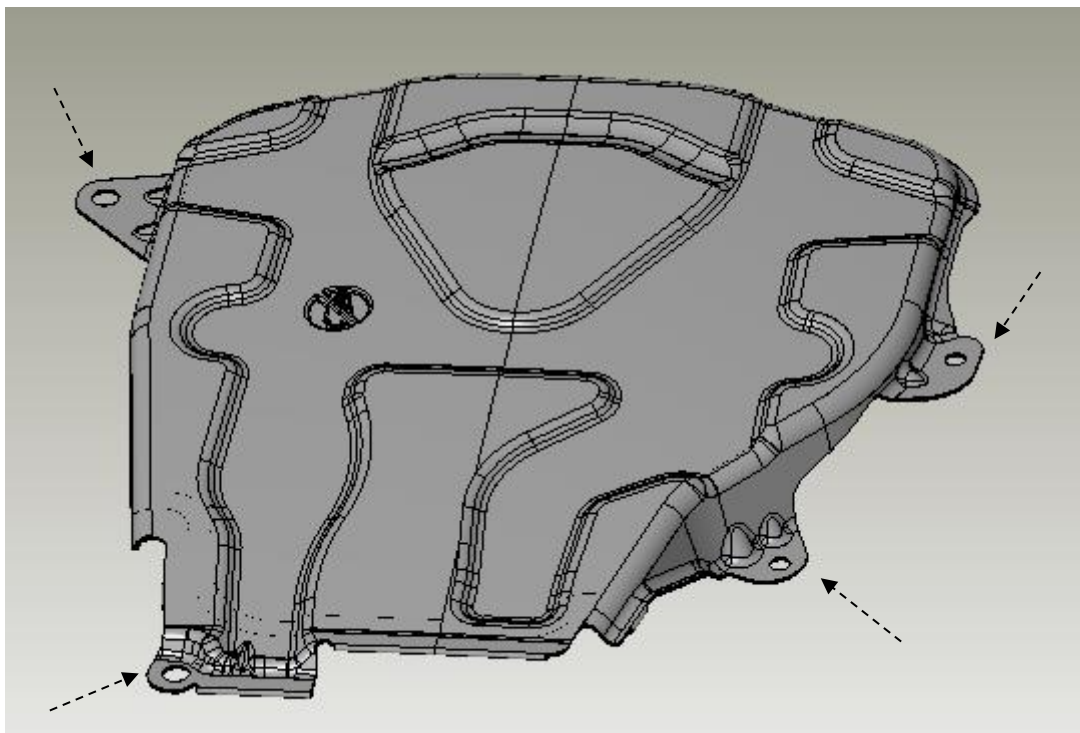
## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Como se muestra en el esquema anterior, la pantalla se compone de tres capas: capa superior metálica, capa de en medio de material aislante y la capa inferior metálica. La capa superior es la de la izquierda, con un marcaje para alertar de que puede estar a una alta temperatura:

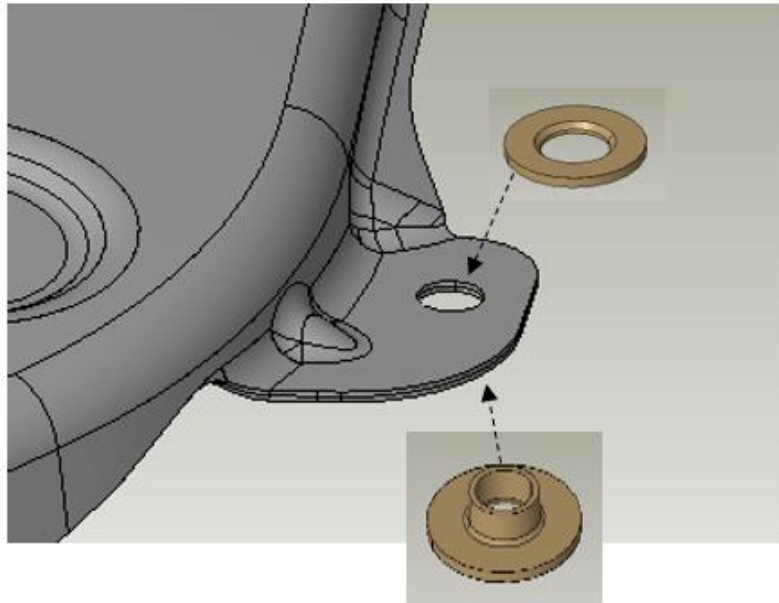


*Imagen 44 Detalle marcaje*

Además, la pantalla deberá de llevar unos componentes para el ensamblaje en las cuatro “patas”, según el siguiente esquema:



*Imagen 45 Dealle de donde van los componentes ensamblados*



*Imagen 46 Detalle del tipo de componente*

### 5.1.2. Requerimientos del producto

A continuación, se definen todos los requerimientos que exige el desarrollo del producto, con el fin de cumplir con los objetivos y garantizar su funcionalidad.

#### 5.1.2.1. Requerimientos térmicos

El motor tiene una temperatura en continuo de 500°C en la zona superior, que es donde se va a ensamblar la pantalla. A nivel térmico existen tres requerimientos diferentes:

- La pantalla no puede superar los 180°C de temperatura en su superficie superior.
- Encima de la pantalla, como protección, se ensambla una tapa que protege del contacto directo con la pantalla al abrir el capó. La pantalla corresponde a uno de los elementos que la pantalla debe de proteger térmicamente. Este elemento no puede superar los 80°C.

Por último, la pantalla, además de garantizar un aislamiento térmico como el definido en los dos puntos anteriores, deberá de cumplir con el rendimiento funcional como el definido a continuación:

- Temperatura: desde - 40 °C hasta 80 °C

Ya que corresponde al rango de temperaturas de rendimiento funcional del vehículo.

#### 5.1.2.2. Requerimientos acústicos y de vibraciones

Con respecto a los requerimientos acústicos, en este caso, cliente solicita cumplir un target mediante un coeficiente de absorción de  $\text{dB}/\text{m}^2$  en función de las frecuencias.

El requerimiento se establece mediante los valores del coeficiente comentado en función de diferentes frecuencias, tal y como se muestra en la siguiente gráfica. Los datos son considerando un área de aproximadamente  $0,25 \text{ m}^2$

El target que se emplea es el de los resultados de un proyecto similar, Alpha, en el que se empleó una pantalla de aislamiento con los mismos parámetros que en el caso de este proyecto.

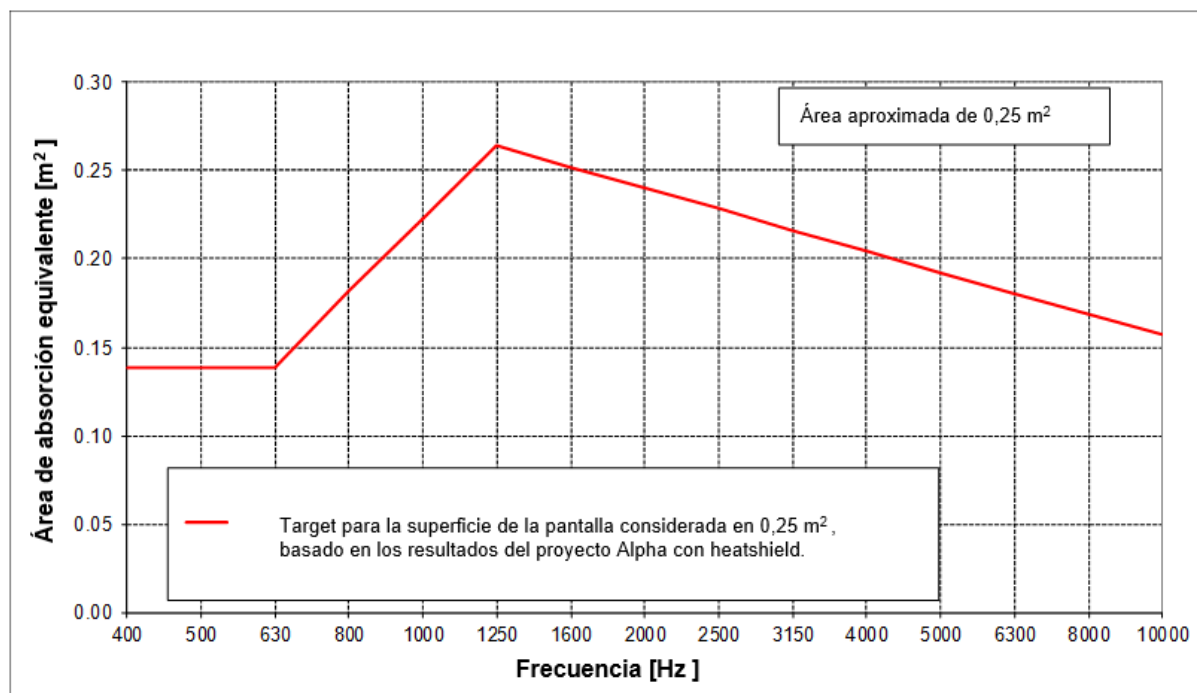


Gráfico 10 Requerimientos de absorción acústica

En cuando a los requerimientos correspondientes a las vibraciones, es necesario considerar dos requerimientos ligeramente diferenciados:

- La pantalla deberá de soportar las vibraciones del motor, sin llegar a su límite elástico y evitar durante el ciclo de trabajo deformaciones plásticas. Ésta deberá de soportar las condiciones de trabajo sin agrietarse y sin romperse.



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

- Mediante la misma pantalla o mediante componentes específicos, se deberán de absorber parte de las vibraciones que genere el motor, con el fin de evitar riesgo de fatiga y rotura en la pantalla.

#### 5.1.2.3. Requerimientos dimensionales

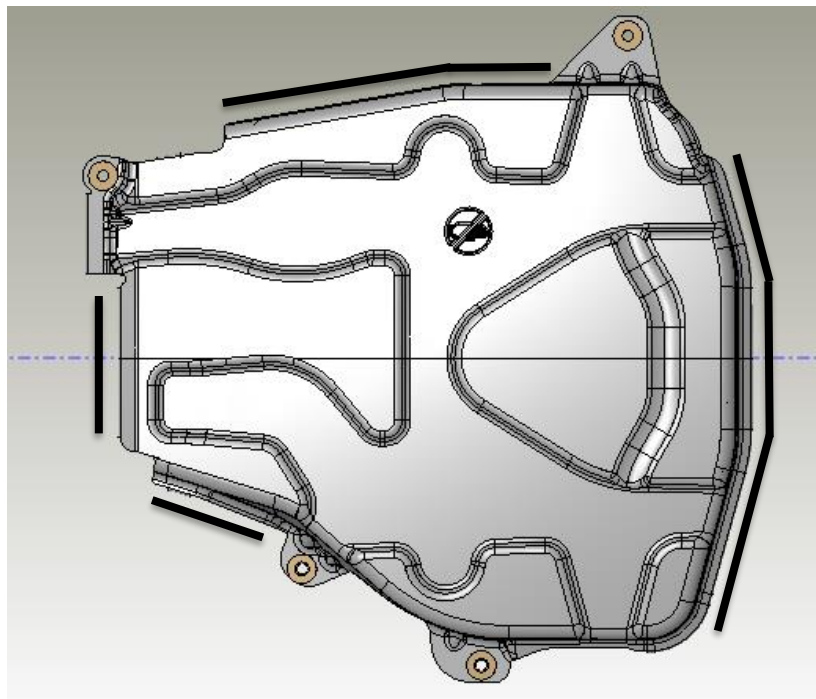
La pantalla deberá de cumplir con los siguientes requerimientos dimensionales:

Contorno:	$\pm 2 \text{ mm}$
Superficie:	$\pm 2 \text{ mm}$
Dimensión taladros:	$\pm 0,5 \text{ mm}$
Posición taladros:	$\pm 1 \text{ mm}$

#### 5.1.2.4. Requerimientos de montaje y seguridad

La pantalla deberá de ser un elemento seguro de cara al montaje, garantizando que no supone ningún peligro para el operario que vaya a manipularla, encargándose del montaje en el motor.

Es decir, la pieza, deberá de llevar la mayor parte de los cantos protegidos, matando así el canto de la chapa, en cerca del 80% del contorno, según la especificación siguiente:



*Imagen 47 Diseño de la pantalla facilitado por cliente con las zonas que deben de tener los cantos protegidos, resaltadas*



Todas las zonas resaltadas, deberán de quedar de alguna manera protegidas.

Por otro lado, se deberá de garantizar que la pantalla no presenta ningún tipo de pincho o zona punzante que pueda ocasionar daños ni durante la manipulación, ni en el entorno de montaje (evitando suponer un peligro de dañar cables, por ejemplo).

Además, para el posterior montaje encima del motor, se requerirá de unos componentes en cada pata, que garanticen el ensamblaje.

#### 5.1.2.5. Requerimientos medioambientales

La pantalla debe de ser completamente respetuosa con el medio ambiente: no contaminante y reciclable.



*Imagen 48 Logo reciclable*

(Fuente: <https://www.imagenesmi.com/im%C3%A1genes/water-recycle-logo-42.html>)

#### 5.1.2.6. Requerimientos sensoriales

Con el fin de garantizar que el cliente final que adquiera el vehículo, lo haga con todas las garantías y confort, otro requerimiento adicional es en el ámbito sensorial.

La pantalla no debe generar ruidos en las condiciones de trabajo, tales como aleteos o silbidos; ni olores desagradables provenientes de diferentes materiales.

#### 5.1.3. Vida del producto

Se estima que la pantalla tenga una vida de 5 años, aproximadamente, ya que puede variar según las necesidades y variaciones en el mercado. Las demandas anuales, estarán entorno a las 185.000 piezas. Por lo que, se espera un volumen total de necesidades de 925.000 piezas en toda la duración del proyecto.

#### **5.1.3.1. Lote y sistema de embalaje**

Las piezas deberán de entregarse en lotes de aproximadamente 3.500 piezas de manera semanal.

El sistema de embalaje, deberá de garantizar que éste no genera residuos. Además, debe garantizar que las pantallas no sufren deformación, ni daños durante el apilamiento y transporte de las mismas.

## 6. Estudio de alternativas

La parte de del estudio de alternativas del proyecto, pretende exponer propuestas y posibles soluciones para mejorar distintas deficiencias actuales de la empresa. Esta parte se divide en los siguientes apartados:

- Organización general de la empresa.
- Desarrollo.
- Producción.
- Sistemas de comprobación durante la producción. Control de calidad.

A continuación, se explica en detalle cada una de ellas.

### 6.1. Organización general de la empresa

En primer lugar, se estudia las posibles alternativas en base a las deficiencias y problemáticas identificadas tras conocer la actividad llevada a cabo por la empresa. Pese a que, el mayor problema de organización, se detectó en el equipo de desarrollo por el tipo de trabajo que realizan, la empresa tiene problemas de desorganización en general. Por lo que, las opciones que a continuación se presentan, son válidas para toda la actividad de la empresa.

#### 6.1.1. Problemas organizativos identificados

Se ha detectado que el equipo de desarrollo sufre de importantes problemas de organización. Parte de las tareas del equipo, se focalizan en la petición o generación de reports, simulaciones o ensayos, que deben de quedar correctamente guardados y registrados.

Son elementos que deben de estar controlados, ya que suponen gran parte de los requerimientos técnicos solicitados y requeridos por el cliente final, y en caso del no cumplimiento o pérdida, puede suponer un problema de responsabilidad para la empresa. Además, no disponen de un correcto procedimiento o flowchart en el que se indiquen las fases principales del proyecto.

Se ha detectado prácticamente no se emplea ningún elemento TIC (Tecnologías de la información y de la comunicación), salvo el correo electrónico corporativo y algún sistema de gestión de pedidos y expediciones. Las TIC o ICT en inglés (Information and Communication Technology) conforman el conjunto de recursos necesarios para poder gestionar y controlar la información. Quedan definidas como herramientas y soportes que, exponen, procesan y almacenan la información.

### 6.1.2. Propuesta de alternativas para los problemas de organización

A continuación, se presentan diferentes alternativas y propuestas, con el fin de mejorar los problemas actuales de organización.

#### 6.1.2.1. CRM



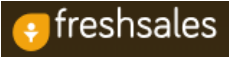



Un CRM es un gestor de relaciones con clientes (Customer Relationship Management) es una aplicación que permite centralizar en una sola base de datos, todas las interacciones que se han realizado entre la empresa y la cartera de clientes.

El CRM permite compartir y maximizar el conocimiento de un cliente determinado y de esta manera, la empresa puede entender de manera óptima las necesidades de éste y anticiparse a ellas. Es decir, el software CRM recopila toda la información de las gestiones comerciales, manteniendo un histórico detallado. Además, permite gestionar de manera más sencilla la captación de clientes potenciales, así como de fidelización de los clientes ya presentes en la cartera.

Empleando este sistema, la empresa generará más oportunidades de venta, gracias a poder agilizar las gestiones, mediante presupuesto actualizados en tiempo real y a procesos de venta optimizados. Así mismo, el CRM facilita el realizar mejores segmentaciones y disponer de un servicio de atención al cliente y postventa de un buen nivel.

#### Algunas de las opciones que ofrece el mercado

Con el fin de realizar una buena selección del sistema CRM en base a las necesidades y deficiencias organizativas de la empresa, se han recopilado datos de los considerados los 10 mejores softwares CRM actuales. A continuación, se presenta una tabla comparativa, mediante la cual, se ha realizado la selección tal y como se explica seguidamente.

CRM	Utilización	Email Marketing	Integración chat interno	Gestión del liderazgo	Precio aprox. [€] / usuario y mes	Factura.
			X	X	12,5	Mensual
		X	X	X	16	Anual
 formerly dapulse		X	X	X	33	Anual

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.















		X	X	X	20	Anual
		X	X	X	25	Anual
		X	X	X	13	Anual
		X	X	X	20	Mensual
		X	X	X	35	Mensual
					12,5	Mensual
			X	X	16	Anual

Tabla 12 Resumen de los 10 CRM mejor considerados

\* La columna Factura. hace referencia a la frecuencia de facturación

Un sistema de CRM puede quedar implantado en 2 semanas aproximadamente.

#### 6.1.2.2. ERP

Un ERP, Enterprise Resource Planning o Sistema de planificación de recursos, es un programa de gestión informática que permite controlar distintas operaciones internas de una empresa, desde producción, distribución, e incluso, recursos humanos.

Integra todos los datos y procesos de la empresa en un sistema unificado. Uno de los componentes claves de un sistema de ERP, es el uso de una única base datos con el fin de almacenar toda la información de los diferentes módulos del sistema.

La implantación de un ERP entre otras ventajas, facilita la optimización de los procesos y los recursos destinados, permite disponer de los datos y por tanto, ahorrar tiempo. Permite compartir información de manera simultánea con todos los usuarios de la empresa, permite evaluar la actividad de la empresa, etc.

Además, existe la opción de vincular el sistema ERP con soluciones de BI (Business Intelligence), mediante el cual, se pueden realizar informes sobre el estado de la empresa directamente con los datos del ERP.

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### Posibilidades que ofrece el mercado

Se han estudiado las opciones que ofrece el mercado y los 3 ERP más implantados a nivel mundial son los tres siguientes: SAP, Oracle EBS y Microsoft Dynamics.

El ERP más implantado a nivel mundial, es SAP. Se considera una apuesta segura dada su potencia y es una de las opciones más aplicadas por grandes multinacionales. Sin embargo, requiere de un coste inicial muy elevado de implantación, además de costes muy elevados de formación a los usuarios, dado que se trata de una herramienta con un manejo muy complejo.

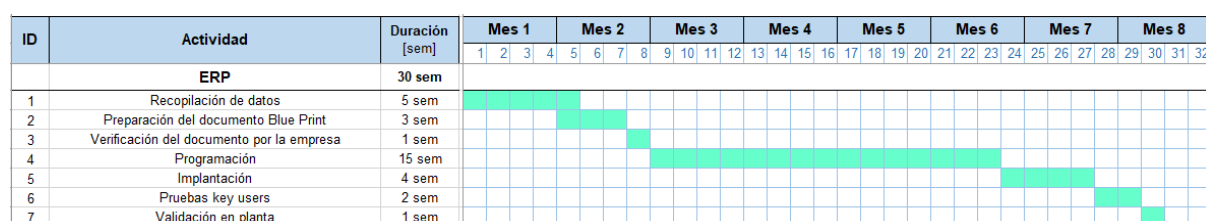
El segundo ERP más implantado a nivel mundial es Oracle EBS. La ventaja principal de este ERP reside en la capacidad de integración de diferentes herramientas en un solo producto. Es decir, permite disponer de ERP, CRM y SCM en la misma aplicación. Por lo que, muchas empresas, lo perciben como un valor muy positivo, ya que, permite facilitar tareas complejas a grandes corporaciones o multinacionales, que tienen actividades solapadas en diferentes países.

Por último, el tercer ERP más implantado a nivel mundial es Microsoft Dynamics NAV. Este ERP está especializado principalmente en sistemas de gestión relacionados con la producción y distribución. Además, se considera el ERP más implantado para pequeñas y medianas empresas.

También existen posibilidades de versiones de ERP gratuitas, pero menos potentes y con los datos no tan bien protegidos.

### Planificación. Diagrama de Gantt

Se requiere de unas 30 semanas aproximadamente para la implantación del ERP.



*Imagen 49 Diagrama de Gantt para la implantación de un ERP*

### Resumen económico

Para cada uno de los tres ERPs, se ha considerado una implantación estándar (sin gaps ni pantallas o transacciones a medida), de los módulos de gestión de planta y

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

producción, finanzas y almacén. Se han considerado unas 15 licencias ya que no es necesario que todo el personal, ni todos los departamentos, tengan licencia.

	<b>SAP</b>	<b>Oracle EBS</b>	<b>Microsoft Dynamics</b>
Coste implantación	350.000 €	290.000 €	270.000 €
Coste licencia anual	1.800 €	1.700 €	1.600 €
Coste total licencias	27.000 €	25.500 €	24.000 €
Coste total el año de la implantación	377.000 €	315.500 €	294.000 €

*Tabla 13 Resumen implicación económica ERP*

Como se ha comentado, el sistema de Oracle, permite incorporar a la vez sistemas de CRM y SCM (Software Configuration Management o Gestión de Configuración de Software) en la misma aplicación.

En caso de escoger Oracle como opción, y de incorporar el sistema de CRM, tendrá el siguiente impacto económico:

	<b>Oracle EBS</b>
Coste implantación ERP	290.000 €
Coste implantación CRM	4.000 €
Coste licencia anual	1.800 €
Coste total licencias	27.000 €
Coste total el año de la implantación	322.800 €

*Tabla 14 Resumen implicación económica ERP Oracle con integración de CRM*

## 6.2. Desarrollo

El equipo de desarrollo, tiene grandes deficiencias a nivel organizativo y práctico, a la hora de realizar los tareas y actividades. En este apartado se estudia diferentes propuestas para mejorar este departamento.

### 6.2.1. Simulaciones

Actualmente, la empresa no realiza ninguna simulación. Todas las decisiones de materiales, así como de proceso, se realizan en base a ensayos. Ello implica, que los tiempos de



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

desarrollo se extienden demasiado al tener que realizar tantas pruebas en laboratorios externos, además del coste económico que ello supone.

#### 6.2.1.1. Definición de actividades. FlowChart, situación inicial

Tal y como se ha indicado, el departamento de desarrollo, no realiza ninguna simulación, y todas las decisiones, se toman en base a los resultados de las pruebas realizadas. En el siguiente FlowChart, se presenta el resumen de la actividad del equipo.

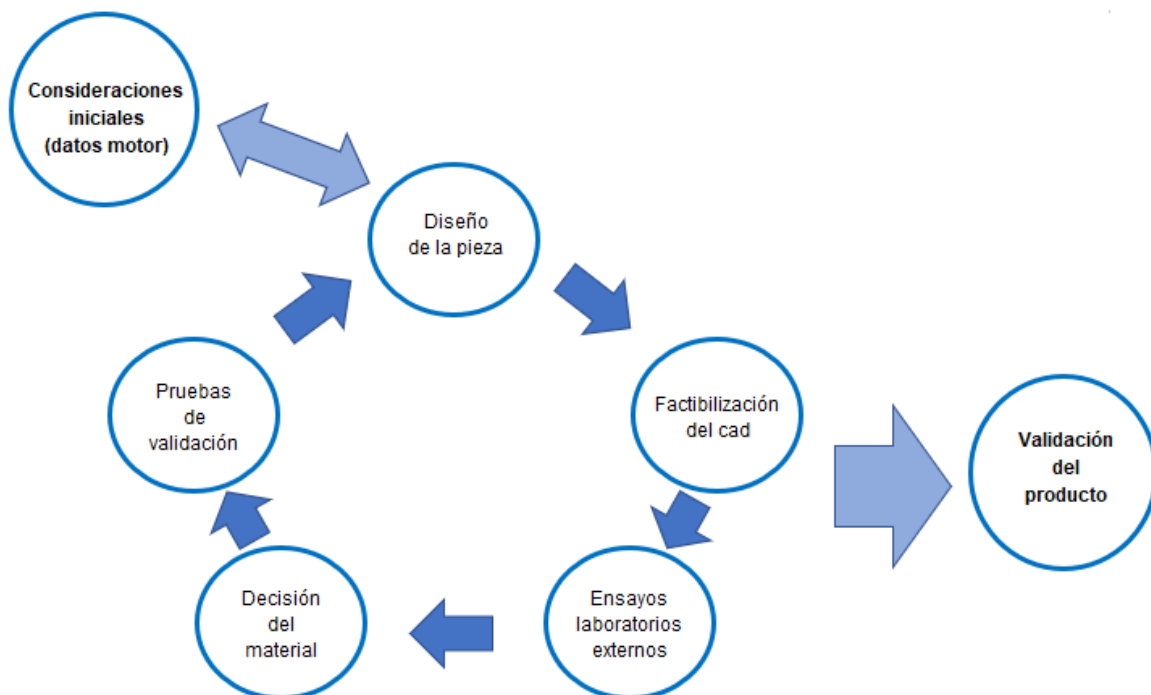


Imagen 50 FlowChart actividades desarrollo, situación inicial

En el siguiente diagrama de Gantt, se especifica la duración de las actividades. Cabe destacar que, si tras realizar los ensayos y pruebas de las piezas, los resultados no son los deseados, el proceso se repite cuantas veces sean necesarias. Es, en resumen, un sistema bastante empírico.

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	FASE DE DESARROLLO	16 sem																				
1	Consideraciones iniciales	1 sem																				
2	Diseño. Factibilización del cad	2 sem																				
3	Ensayos térmicos en laboratorio externo	3 sem																				
4	Ensayos acústicos en laboratorio externo	3 sem																				
5	Ensayos vibraciones en laboratorio externo	2 sem																				
6	Decisión de los materiales en base a resultados	1 sem																				
7	Pruebas de estampación. Construcción útil	3 sem																				
8	Pruebas de estampación. Realización pruebas	1 sem																				
9	Validación del producto	1 sem																				

Imagen 51 Diagrama de Gantt. Situación inicial fase de desarrollo

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

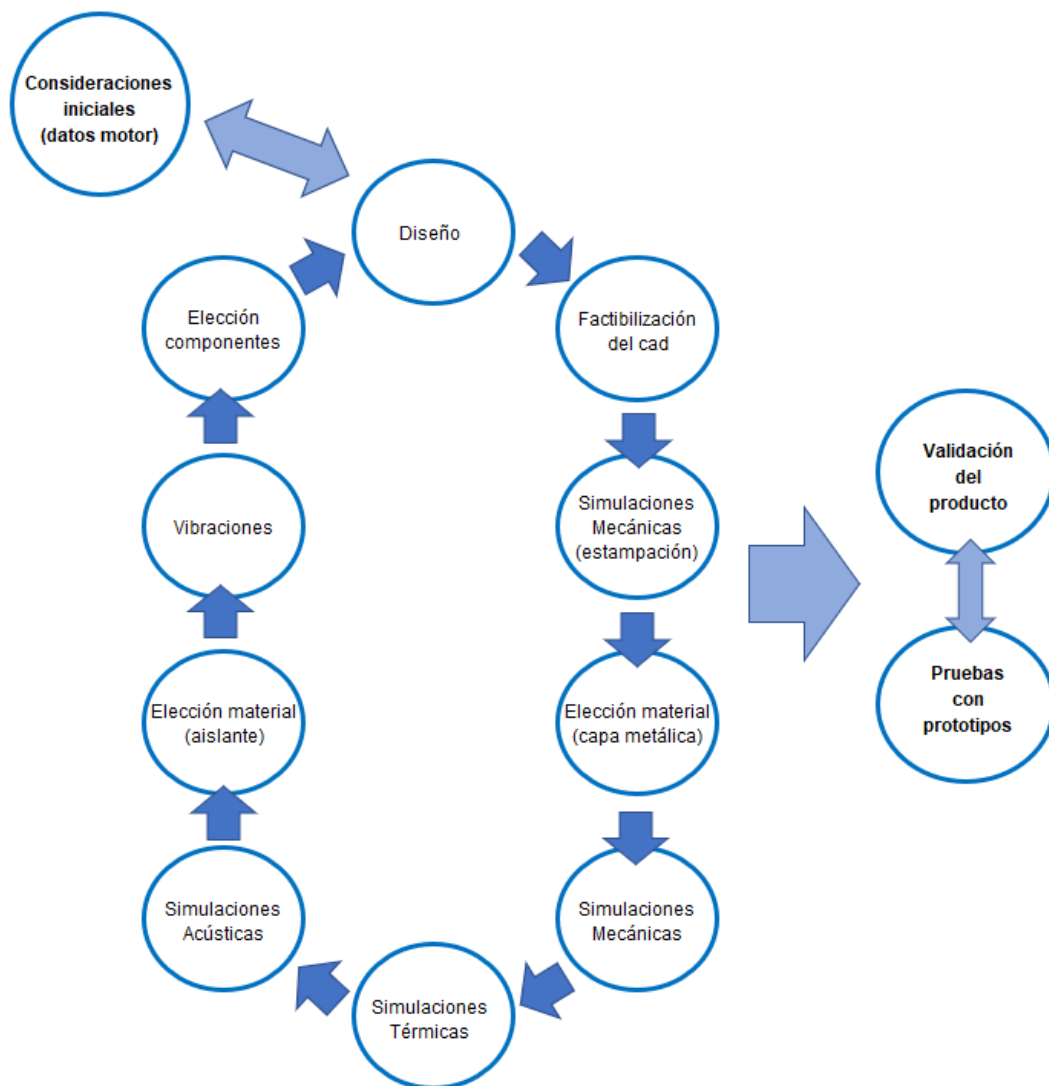
El proceso dura en torno a 16 semanas, siempre y cuando los resultados sean los deseados, en caso negativo, tal y como se ha indicado, el proceso puede alargarse en el tiempo.

Respecto a los ensayos, cada ensayo cuesta alrededor de 1.500 € de media y se realizan unos 6 ensayos por proyecto de media. Por lo que, supone en cada caso, alrededor de 9.000 €.

#### 6.2.1.2. Definición de actividades. FlowChart de la propuesta

Se propone empezar a trabajar con programas de simulación para acotar el tiempo habitual de la fase de desarrollo, así como para reducir los ensayos que se realizan en laboratorios externos.

En el siguiente FlowChart, se definen las actividades de la propuesta:



*Imagen 52 FlowChart actividades desarrollo, propuesta*

## Explicación del diagrama de flujo

### CONSIDERACIONES INICIALES

En primer lugar, corresponde al estudio de los datos facilitados por cliente. El tipo de gráficas, las unidades empleadas, etc. Con el fin de cumplir con los requisitos, se establece elegir las señales de cada gráfica más desfavorables, para dar cobertura para cada motor.

### DISEÑO

Esta fase sería la de realización del diseño de la pantalla de acuerdo con las condiciones de entorno y especificaciones facilitadas por el cliente. Sin embargo, en el caso que aplica, dado que el diseño ya ha sido realizado y compartido por cliente, no sería necesario realizar ninguna acción. El software de diseño es Catia.

### FACTIBILIZACIÓN DEL CAD

En esta fase, el equipo se encarga de realizar los cambios oportunos para que el cad sea factible a nivel de estampación. Generalmente se trabaja en zonas con planos con inclinaciones no factibles (abrir paredes), agrandar radios, etc. Para esta fase el software también es Catia.

### SIMULACIÓN MECÁNICA (estampación)

Tras haber realizado los cambios oportunos en el cad para factibilizarlo, se realizarán las simulaciones mecánicas, únicamente a nivel de estampación, para verificar que la pieza es estampable. La simulación se realizará mediante el software Autoform introduciendo todas las características de los materiales que se vayan a simular.

### ELECCIÓN DEL MATERIAL (capa metálica)

Tras la factibilización del cad y la validación de la estampabilidad de la pieza mediante el programa de simulación de estampación con diferentes materiales, se procede a la elección del material de las capas metálicas.

### SIMULACIÓN MECÁNICA

Una vez se ha realizado la elección del material, se realiza una simulación mecánica, proporcionándole al cad las características propias del material escogido en cuestión, para verificar las propiedades mecánicas, tales como la fatiga.

## **SIMULACIÓN TÉRMICA**

A continuación, se realiza una simulación térmica, para en primer lugar, verificar que se cumplen con los requisitos térmicos de la pantalla y en segundo lugar, que el elemento a proteger cumple con el input de temperatura.

## **SIMULACIÓN ACÚSTICA**

Seguidamente, se lleva a cabo la simulación acústica definiendo el sandwich con el material metálico de las capas superior e inferior, y definiendo diferentes materiales aislantes en medio para simular y estudiar diferentes opciones.

## **ELECCIÓN DEL MATERIAL (material aislante)**

A partir de los resultados de la simulación térmica y de la simulación acústica, se decide cuál será el material aislante que mejor cumple con los requisitos.

## **VIBRACIONES**

Por último, se realiza la simulación modal y la SSD (Steady State Dynamics) para comprobar cómo afectan las aceleraciones del motor a cada frecuencia de estudio de la pieza. En la simulación modal, se estudian los modos de la pieza y las frecuencias de cada modo. Ello permite comprender el comportamiento vibracional de la pieza. A continuación, se procede a añadir la señal del motor, en este caso, para realizar la simulación SSD y ver a partir de su comportamiento vibracional, cómo se comporta frente a la señal del motor. Se escoge el caso más desfavorable de todo el rango de frecuencias, considerando que la máxima tensión, no supere el límite elástico del material.

## **ELECCIÓN DE COMPONENTES**

A partir de estos resultados se procede a escoger los componentes que mejor cumplan con la función de amortiguación o absorción de las vibraciones.

Por último, se procede a la validación del producto. También se pueden realizar pruebas con prototipos en los casos que se considere necesario.

Aplicando este FlowChart, se consigue una reducción de 8 semanas frente al procedimiento inicial (16 semanas en total). A continuación, se presenta el diagrama de Gantt para esta propuesta, que tiene una duración total de 8 semanas:

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	<b>FASE DE DESARROLLO</b>	<b>8 sem</b>												
1	Consideraciones iniciales	1 sem												
2	Diseño. Factibilidad de estampación	2 sem												
3	Elección del material de las capas metálicas	1 sem												
4	Definición proceso de producción	1 sem												
5	Simulación térmica	1 sem												
6	Elección del material aislante de en medio	1 sem												
7	Simulación mecánica con caract. de los materiales	1 sem												
8	Simulación acústica	1 sem												
9	Vibraciones. Simulación modal	1 sem												
10	Vibraciones. Simulación SSD con la señal del motor	1 sem												
11	Estudio resultados de simulación	1 sem												
12	Estudio diferentes tipos de componentes	1 sem												

Imagen 53 Diagrama de Gantt fase de la fase de desarrollo, propuesta

#### 6.2.1.3. Valoración económica compra de Softwares de simulación

El precio aproximado para la implantación, así como el coste de las licencias por año de los softwares de simulación necesarios, son los siguientes considerando 4 licencias en cada caso. También se ha considerado el alquiler de software en algún caso:





	Autoform	Ansa	Abaqus	TAI Thermoanalytics	Simam
Logo					
Coste compra software	23.000 €	19.500 €		18.000 €	31.000 €
Coste alquiler anual			29.500 €		
Coste licencia anual	3.500 €	4.500 €		2.800 €	4.800 €
Coste total licencias anual	14.000 €	18.000 €		11.200 €	19.200 €
Coste total el año de la implantación	37.000 €	37.500 €	29.500 €	29.200 €	50.200 €

Tabla 15 Resumen costes softwares de simulación

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Considerando estas opciones de softwares de simulación, la inversión inicial sería de:

183.400 €

Los costes de mantenimiento anuales, ascienden a:

91.900 €

#### 6.2.1.4. Valoración temporal para los Softwares de simulación

La implantación de los softwares es bastante rápida y aproximadamente, en una semana se pueden tener los sistemas operativos para el equipo de RD. Sin embargo, para evitar afectar a la carga habitual de trabajo, se desglosarían las implantaciones de la siguiente manera:

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1			
			1	2	3	4
	<b>SOFTWARES DE SIMULACIÓN</b>	<b>3 sem</b>				
1	Autoform	1 sem				
2	Ansa	1 sem				
3	Abaqus	1 sem				
4	TAI	1 sem				
5	Simam	1 sem				

*Imagen 54 Diagrama de Gantt implantación softwares de simulación*

#### 6.2.1.5. Valoración de la opción

Las principales ventajas del empleo de softwares de simulación son las siguientes:

- Reducción de 8 semanas en el timing de desarrollo, con respecto al actividad inicial en la que no se empleaban programas de simulación.
- Ahorro económico y temporal, con respecto a los ensayos de laboratorios externos de las piezas, ya que, con el empleo de los programas, la gran mayoría dejan de ser necesarios.
- Alta flexibilidad de producto.
- Aumento de la productividad y eficacia del departamento.

Con respecto a las desventajas:

- Alto coste inicial de implantación.
- Costes elevados de mantenimiento anual.

### 6.3. Exposición de alternativas y posibles soluciones para la implantación de la producción de la pantalla

Una vez definido el producto que se va a producir, se procede a estudiar las posibles alternativas para llevar a cabo su producción, tomando en consideración la problemática de la empresa actual a nivel de sistemas de producción.

#### 6.3.1. Protección de cantos

Con respecto a uno de los requerimientos de la pantalla, que es asegurar que entorno al 80% del contorno está protegido, existen diferentes métodos para asegurar el requerimiento. La empresa en la actualidad, emplea la técnica de colocación de cinta para proteger los cantos, sin embargo, existen otras opciones, como, por ejemplo, la construcción de matrices para que doblen las aletas bajo prensa.

##### 6.3.1.1. Colocación de cinta de aluminio

También existe la opción de cubrir el 80% del contorno de la pieza, protegiendo los cantos con una cinta adhesiva de aluminio.



*Imagen 55 Cinta adhesiva de aluminio*

(Fuente: <https://www.hiltrento.com/cinta-aluminio/1409-cinta-adhesiva-aluminio-50mm-x-45-metros-caja-24-uds.html>)



### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Con colocar una cinta de unos 2 cm de ancho sería suficiente para cubrir sobre 1 cm por cada lado.

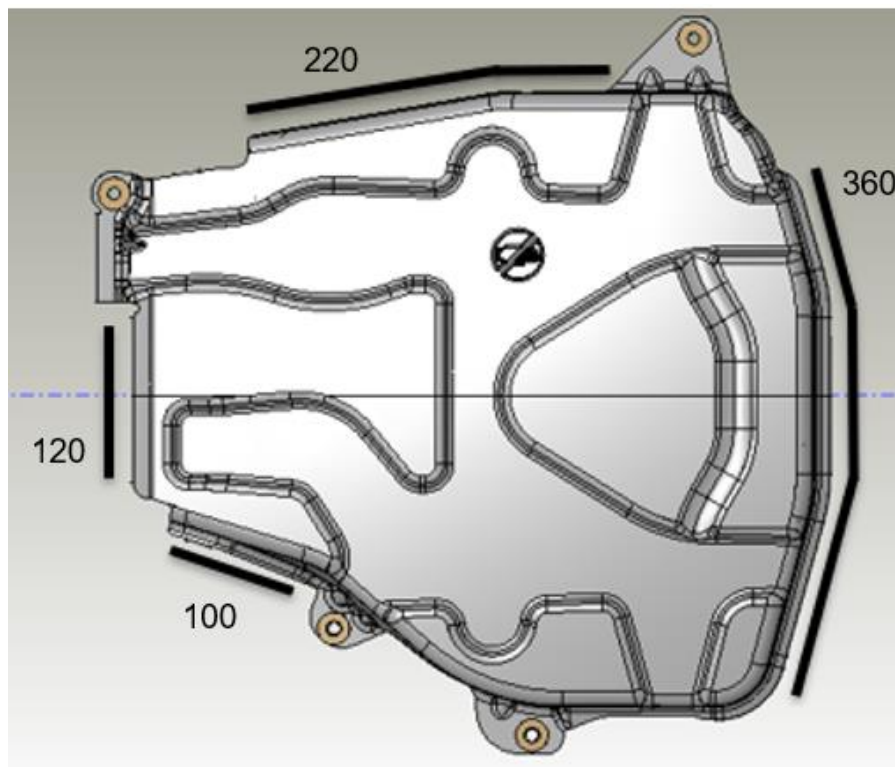


*Imagen 56 Cinta adhesiva de aluminio ancho de 2,5 cm*  
(Fuente: <https://www.amazon.es/TapeCase-aluminio-0083-55-54/dp/B00N3TYIP8>)

#### Implicación económica

El coste aproximado de cada rollo de cinta es de entre 15 € y 23 €, considerando unos 55 m de cinta por rollo. Sin embargo, negociando con los proveedores con respecto a la cantidad total de piezas durante la vida del proyecto, el precio quedaría en torno a 3€ cada rollo de 55 m.

El perímetro total para proteger de la pieza, es de 800 mm.



*Imagen 57 Perímetro de las zonas a proteger de la pieza*

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Cada rollo de cinta de 55 m, sería suficiente para acabar un total de 68 piezas.

$$\frac{55.000 \text{ mm}}{800 \frac{\text{mm}}{\text{pieza}}} = 68,75 \text{ piezas} \rightarrow 68 \text{ piezas}$$

Por lo que, para cubrir todo un lote de 3.500 piezas, se necesitarán 51 cintas.

$$800 \frac{\text{mm}}{\text{pieza}} \cdot 3.500 \text{ piezas} = 2.800.000 \text{ mm a proteger}$$

$$\frac{2.800.000 \text{ mm}}{55.000 \frac{\text{mm}}{\text{cinta}}} = 50,90 \text{ cintas} \rightarrow 51 \text{ cintas}$$

	Coste unitario	Coste para cubrir todo un lote de 3.500 piezas
Cinta adhesiva de aluminio de 55 m	3 €	(3 € * 51) 153 €

*Tabla 16 Resumen económico para cubrir un lote de piezas*

Considerando la vida del producto en 5 años, necesidades anuales de 185.000 piezas y de un volumen total de 925.000 piezas, el resumen económico queda:

$$\frac{800 \frac{\text{mm}}{\text{pieza}} \cdot 185.000 \text{ piezas}}{55.000 \frac{\text{mm}}{\text{cinta}}} = 2.690,90 \text{ cintas} \rightarrow 2.691 \text{ cintas}$$

	Coste anual	Coste para cubrir toda la vida del producto
Cinta adhesiva de aluminio de 55 m	(3 € · 2.691) 8.073 €	(8.073 € · 5) 40.365 €

*Tabla 17 Resumen económico para cubrir un lote de piezas*

### Implicación de tiempo

La entrega de este material es rápida, ya que corresponde a un artículo que se encuentra muy fácilmente en stock, por lo que, puede considerarse de 1 día.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Con respecto a los tiempos productivos, se estima un tiempo de ciclo de:

$$T_c = 7 \frac{\text{min}}{\text{pieza}}$$

Por lo que, se requieren de 10 operarios para poder acabar el lote de 3.500 piezas de necesidades semanales, según los cálculos:

$$7 \frac{\text{min}}{\text{pieza}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 0,11 \frac{\text{h}}{\text{pieza}}$$

$$\frac{1}{0,11} \frac{\text{pieza}}{\text{h}} = 9,09 \frac{\text{piezas}}{\text{h}} \rightarrow 9 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}$$

$$0,11 \frac{\text{h}}{\text{pieza}} \cdot 3.500 \text{ piezas} = 385 \text{ horas}$$

$$385 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ operario}}{40 \text{ h}} = 9,6 \text{ operarios} \rightarrow 10 \text{ operarios}$$

#### 6.3.1.2. Construcción de matrices

También se estudia la opción de construir matrices para proteger los cantos. Para este caso, se estudiaría el desarrollo de la chapa para agregarle unos mm más en las zonas a proteger para hacer unas aletas del mismo material y dejarlas dobladas a 180°, protegiendo así el material.

Por una cuestión de factibilidad, no es posible realizar la operación de cierre de aletas en una sola estación y hay que dividirlo en dos: una estación se encarga de realizar el doblado a 90° de las aletas y la otra, de cerrarlas a 180°.

A continuación, se explica en detalle, en qué consiste el doblado de aletas:

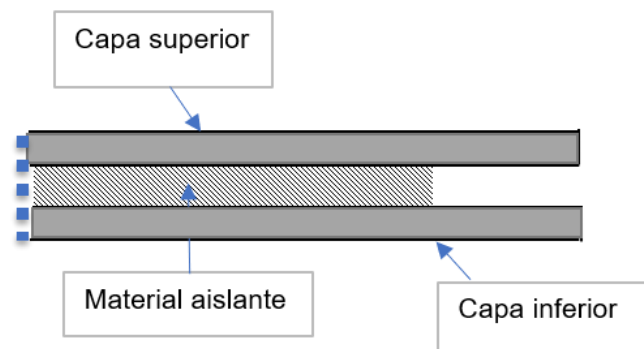
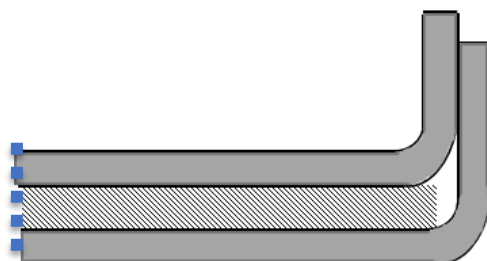


Imagen 58 Esquema canto de la pieza cortada

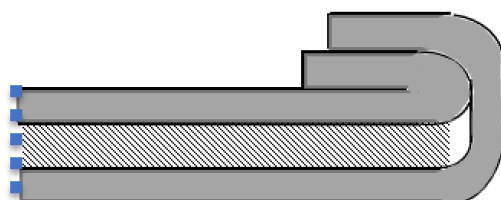
Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

El primer paso sería doblarlas a 90°, según se indica en la siguiente imagen:



*Imagen 59 Esquema canto de la pieza con las aletas dobladas a 90°*

Finalmente, en la siguiente estación, las aletas se cerrarían:



*Imagen 60 Esquema canto de la pieza con las aletas dobladas a 180°*

#### Implicación económica

	Diseño	Construcción	TOTAL
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	<b>19.225 €</b>
Doblador de aletas a 180°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	<b>19.225 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.450 €	36.000 €	<b>38.450 €</b>

*Tabla 18 Resumen implicación económica para la construcción de matrices para el doblado de las aletas*

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

También hay que considerar la implicación económica de los mantenimientos:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Doblador de aletas a 90º	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	6.000 €	<b>25.225 €</b>
Doblador de aletas a 180º	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	6.000 €	<b>25.225 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.450 €	36.000 €	12.000 €	<b>50.450 €</b>

Tabla 19 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores

### Implicación de tiempo

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1																											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	<b>ESTACIONES POSTERIORES</b>	<b>26 sem</b>																												
1	Estudio implantación de la solución	1 sem																												
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem																												
3	Diseño matrices	2 sem																												
4	Construcción de las matrices	13 sem																												
5	Primeras muestras	2 sem																												
6	Puesta a punto inicial	1 sem																												
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem																												
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem																												
9	Pruebas de producción	2 sem																												
10	Validación del proceso	1 sem																												

Imagen 61 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores

\* El limitante sería el de tener piezas disponibles cortadas.

### 6.3.1.3. Valoración de las opciones

En la siguiente tabla, se realiza una valoración de las dos opciones:

	Construcción matrices para el doblado	Colocación de cinta adhesiva de aluminio
Valoración económica para toda la vida del proyecto	50.450 €	40.365 €

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Requiere de mantenimiento	Sí	No
Requiere de montaje y desmontaje en prensa	Sí	No
Ocupa un volumen grande en el almacenaje	Sí	No
Flexibilidad	3/10	10/10
Tiempo de ciclo	180 pcs/h	9 pcs/h
Productividad	Alta	Baja

*Tabla 20 Resumen de la valoración de las opciones para la protección de cantos*

\* Para valorar la flexibilidad, para las matrices, se ha considerado, que, el proceso únicamente será válido para algún pequeño cambio de espesor de la chapa (una variación de 0,1 mm aproximadamente). Si la pantalla cambiara de geometría, contorno, o de espesor (siendo el cambio mayor a 0,1 mm); se requeriría de adaptar todas las matrices con el correspondiente coste económico y tiempo. Por lo que, tiene una muy baja flexibilidad con respecto a otros procesos.

Sin embargo, con respecto a la colocación de la cinta de aluminio, se considera que es 100% flexible, ya que, al ser un proceso manual, se puede adaptar sin problema a un cambio de geometría, contorno o espesor.

### 6.3.2. Construcción de matrices

Con respecto al resto de operaciones, una opción para la fabricación de la pantalla, es realizar todas las estaciones a nivel de matrices de estampación en frío.

#### 6.3.2.1. Fase de diseño

En primer lugar, se requiere de la preparación del diseño de los troqueles, a partir de los inputs recibidos por parte del departamento de RD+I, que son:

- Cad de pieza factible.
- Definición del proceso: número de estaciones y operaciones realizadas en cada una de ellas.
- Archivo con las superficies necesarias a mecanizar en cada una de las estaciones para garantizar la pieza con las tolerancias correspondientes y demás requerimientos.

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

A partir de toda esa información, se procede al diseño de las matrices, en función de la prensa escogida. La elección de la prensa depende de:

- Saturación de la misma con respecto al resto de procesos.
- Tonelaje mínimo necesario para poder llevar a cabo la producción con todas las estaciones bajo prensa.

Además, cada matriz debe de tener su listado de materiales, donde cada uno de los elementos que la conforman debe de quedar definidos, según aplique:

#### Elementos de construcción

- Material de construcción.
- Tipo de tratamiento térmico. Dureza requerida (generalmente dada en HRc).
- Norma que debe cumplir.
- Medidas.

#### Elementos de compra

- Fabricante.
- Referencia.

### Cálculos previos

Los cálculos correspondientes al tonelaje necesario, así como la fuerza adicional de cilindros de nitrógeno necesarios para el pisado, se calculan a mediante los softwares CAE cuando se realizan las simulaciones mecánicas de la pantalla.

Los datos, serán necesarios a la hora de desarrollar el diseño con todos los elementos necesarios.

#### 6.3.2.2. Planificación. Diagrama de Gantt

La planificación quedaría definida según el siguiente extracto del diagrama de Gantt. Se necesitarían un total de 33 semanas para tener a punto esta opción.

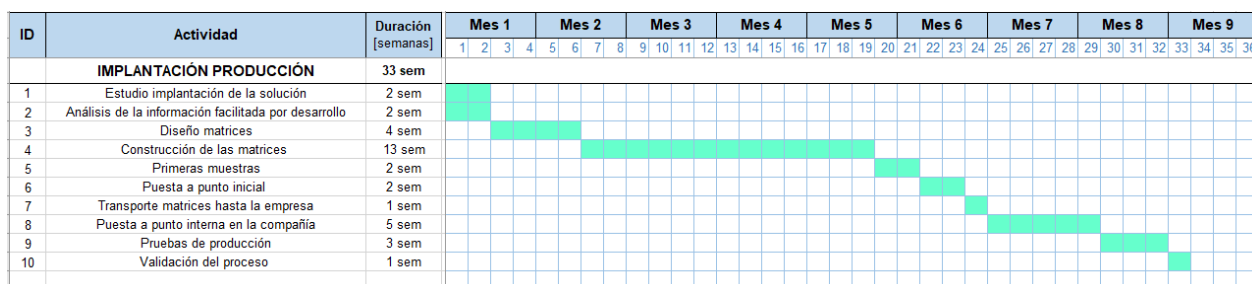


Imagen 62 Planificación en diagrama de Gantt para el diseño y construcción de matrices



### 6.3.2.3. Diagrama de flujo

#### Definición de estaciones

- Estación 1: Matriz de estampar capa inferior
- Estación 2: Matriz de estampar capa superior + marcar
- Estación 3: Matriz de cortar (Sandwich juntar las tres capas)
- Estación 4: Matriz de doblar a 90°
- Estación 5: Matriz de doblar a 180°
- Estación 6: Matriz de punzonar

**Estación 1:** En esta estación se conforma la capa inferior de chapa metálica según la geometría de la pantalla.

**Estación 2:** En esta estación se conforma la capa superior de chapa metálica según la geometría de la pantalla y se marca el logo de la mano (no tocar).

**Estación 3:** A continuación, se juntan las capas. Capa inferior estampada, con el material aislante y la capa superior estampada. En esta estación se hace el sandwich de capas y se corta todo, obteniendo el conjunto cortado y el retal de formato.

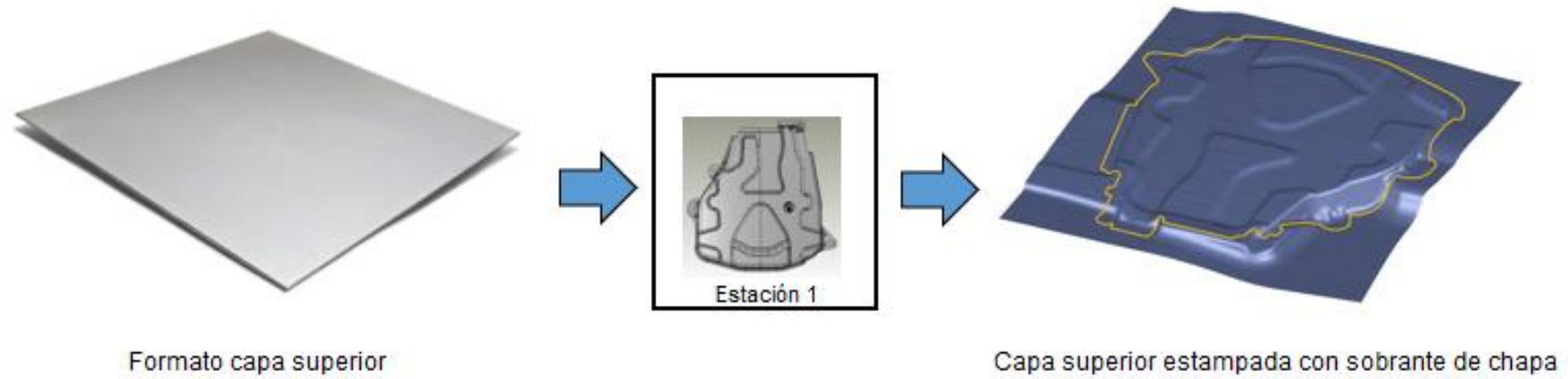
**Estación 4:** En la estación 4, colocando el conjunto de las tres capas cortadas obtenido de la estación anterior, se obtiene el conjunto con las aletas dobladas a 90°.

**Estación 5:** En la estación 5, se obtiene la pantalla con las aletas cerradas a 180°.

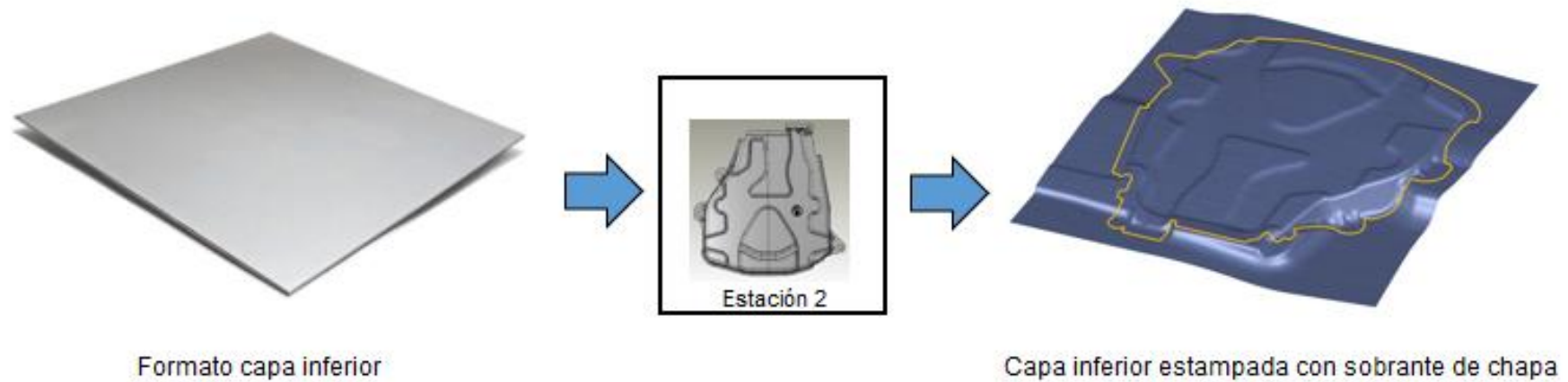
**Estación 6:** Por último, se realiza el punzonado de la pieza.

Con el siguiente diagrama, se especifica qué se hace en las diferentes operaciones. Cómo entra el producto y como sale transformado de la estación.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 63 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior*



*Imagen 64 Diagrama estación 2 - estampador capa superior + marcaje*

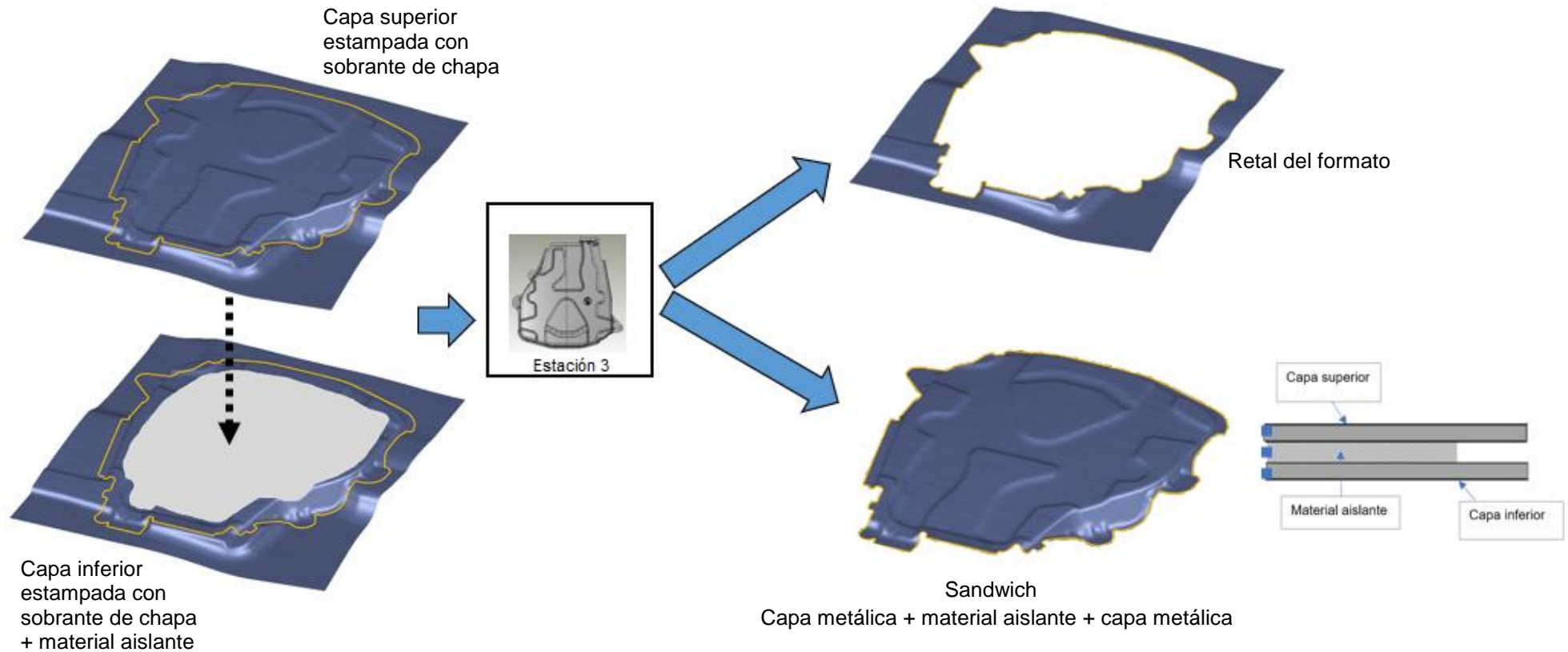


Imagen 65 Diagrama estación 3 - sandwich + corte perimetral

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

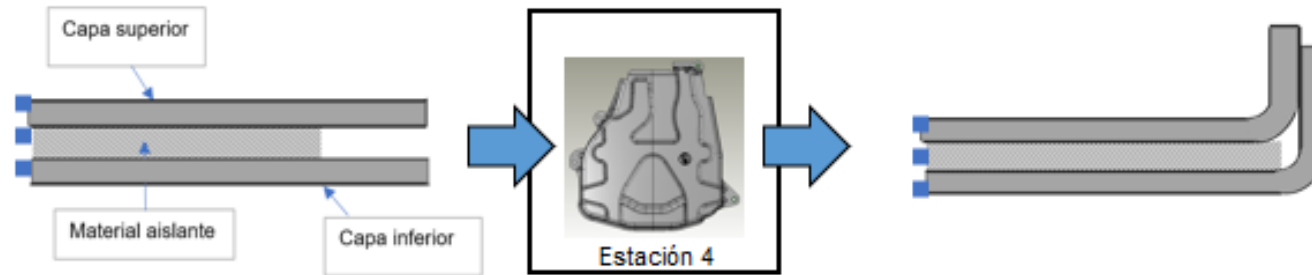
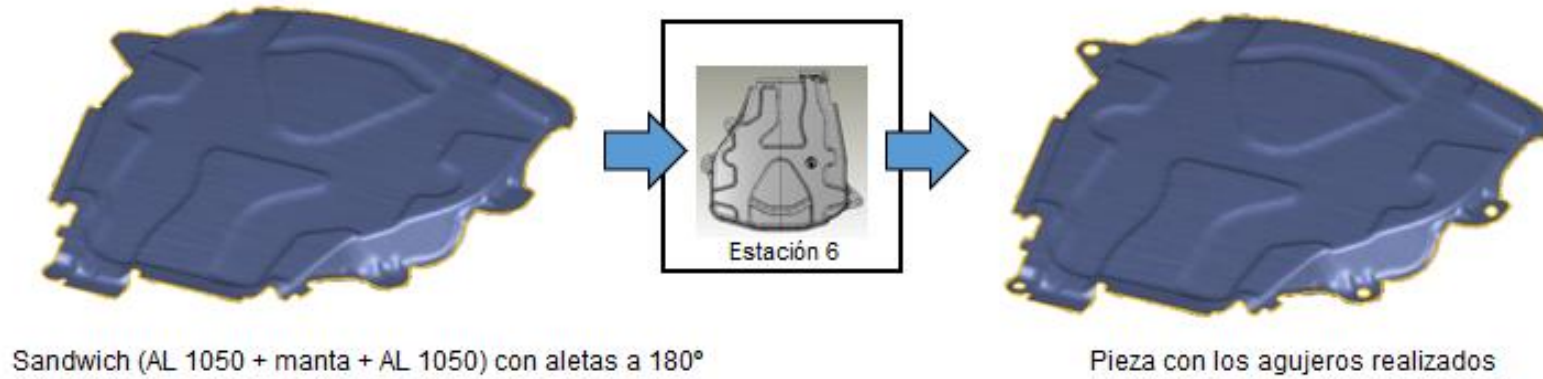


Imagen 66 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90°



Imagen 67 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180°

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 68 Diagrama estación 6 - punzonador*

### Diagrama de flujo

En la siguiente página, se presenta el diagrama de flujo del proceso. Para su correcta explicación, se presenta una tabla a modo de leyenda.

	Operario
	Desplazamientos correspondientes al operario 1
	Secuencia de movimientos del operario 1
	Desplazamientos correspondientes al operario 2
	Secuencia de movimientos del operario 2
	Movimientos adicionales realizados por ambos

*Tabla 21 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de matrices*

Las flechas que indican la secuencia de movimientos de cada operario están numeradas, según el orden de cada movimiento a realizar.

La secuencia lila, indica que el operario 1 debe acercarle al operario 2, la pieza desde A hasta B, y en B la recoge el operario 2.

Por último, el fondo gris sobre el que están puestas las estaciones, corresponde al plato de prensa visto en planta, con todo el proceso montado.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

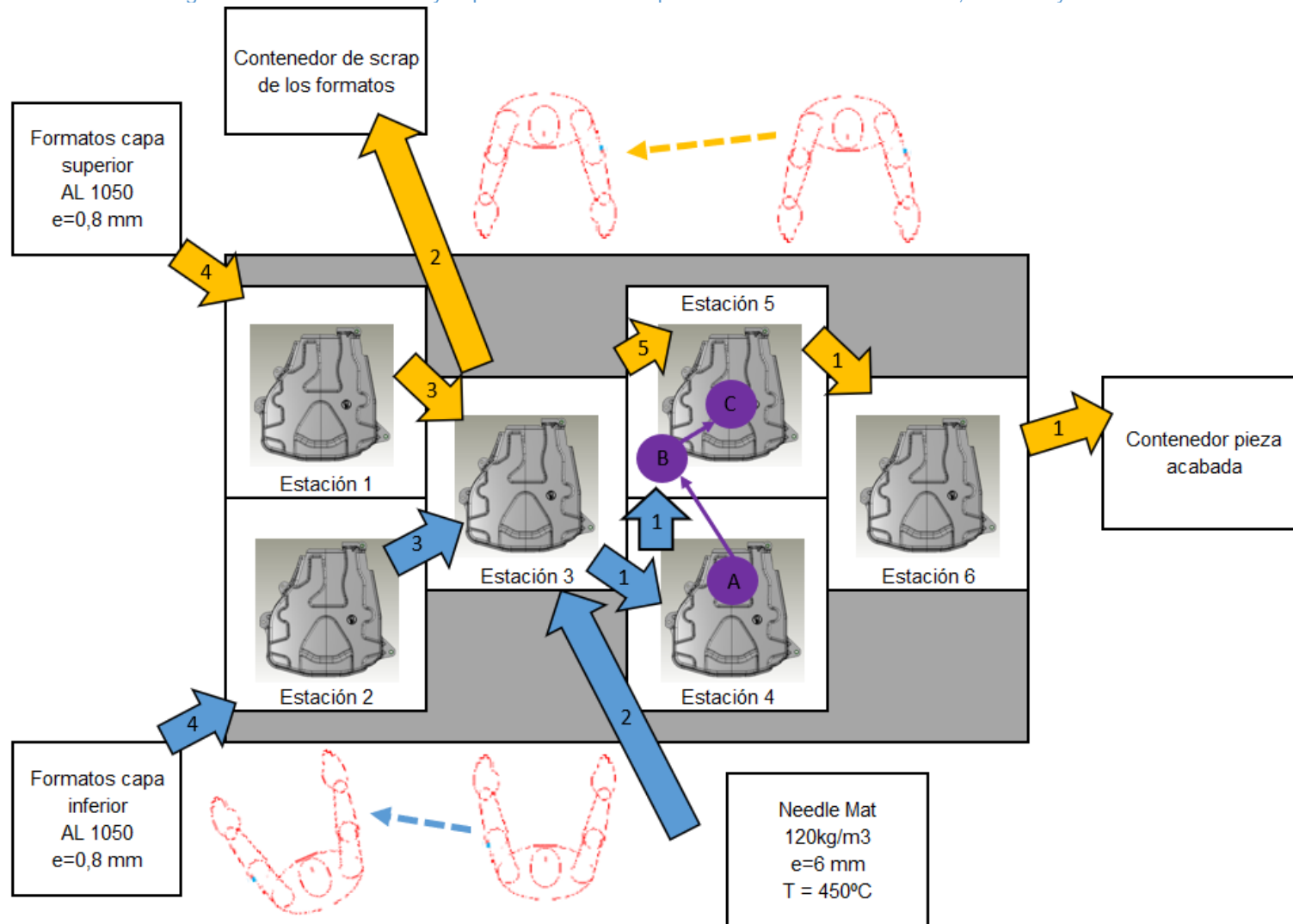


Imagen 69 Diagrama de flujo para la producción con matrices



#### 6.3.2.4. Valoración económica

A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción de las operaciones para llevar a cabo el proceso con matrices.

	Diseño	Construcción	TOTAL
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	<b>20.050 €</b>
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	<b>21.725 €</b>
Sandwich + cortador	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	24.000 €	<b>25.225 €</b>
Doblador de aletas a 90° + cortador en carro	40 h * 35 €/h <b>1.400 €</b>	28.000 €	<b>29.400 €</b>
Doblador de aletas a 180°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	<b>19.225 €</b>
Punzonador	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.500 €	<b>20.550 €</b>
<b>TOTAL</b>	7.175 €	129.000 €	<b>136.175 €</b>

*Tabla 22 Resumen implicación económica para la construcción de las matrices*

Sin embargo, hay que considerar también, que las matrices requieren de un mantenimiento en función de los golpes. Tomando en consideración la tabla de determinación de frecuencia en los mantenimientos siguientes, se calcula, cuántos mantenimientos se deberán hacer anualmente y en toda la vida del proyecto.

	Manual	Transfer	Progresivo
<b>Aluminio</b>	80.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000
<b>Acero</b>	80.000 ± 20.000	80.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000
<b>Acero inoxidable</b>	80.000 ± 20.000	80.000 ± 20.000	130.000 ± 20.000

*Tabla 23 Resumen determinación de frecuencia para el mantenimiento preventivo de las matrices*

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

La frecuencia con la que hay que realizar el mantenimiento en este caso es de 80.000  $\pm$  20.000 golpes, siendo una pieza de aluminio y un proceso manual. Se considera lanzar el mantenimiento por la tolerancia inferior, para tener margen (de 40.000 golpes en este caso) para poder realizar el mantenimiento correspondiente dentro de los límites establecidos, es decir, en 60.000 golpes.

$$\frac{185.000 \frac{\text{piezas}}{\text{año}}}{60.000 \text{ piezas}} = 3,08 \text{ ----> 3 mantenimientos / año cada matriz}$$

Para cada mantenimiento, se consideran 8 horas por cada estación para revisarla, ajustarla y cambiar los elementos que sean necesarios. El coste por hora, ya refleja el cambio de las piezas que sean necesarias de sustituir.

$$\frac{8 \text{ h}}{\text{matriz}} \cdot \frac{50 \text{ €}}{\text{h}} = 400 \frac{\text{€}}{\text{matriz}}$$

$$400 \frac{\text{€}}{\text{matriz}} \cdot 6 \text{ matrices} = 2.400 \text{ € cada mantenimiento del proceso}$$

Considerando que se deberán de realizar 3 mantenimientos del proceso al año y un total de 15 en la vida del proyecto, los costes totales de mantenimiento son:

$$2.400 \text{ €} \cdot 3 \frac{\text{mantenimientos}}{\text{año}} = 7.200 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$7.200 \frac{\text{€}}{\text{año}} \cdot 5 \text{ años} = 36.000 \text{ €}$$

Cada matriz tendrá unos costes totales de mantenimiento de 6.000 € en los 5 años. Con lo cual, el resumen económico de la opción, considerando los mantenimientos, queda:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	6.000 €	<b>26.050 €</b>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	6.000 €	<b>27.725 €</b>
Sandwich + cortador	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	24.000 €	6.000 €	<b>31.225 €</b>
Doblador de aletas a 90° + cortador en carro	40 h * 35 €/h <b>1.400 €</b>	28.000 €	6.000 €	<b>35.400 €</b>
Doblador de aletas a 180°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	6.000 €	<b>25.225 €</b>
Punzonador	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.500 €	6.000 €	<b>26.550 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>7.175 €</b>	<b>129.000 €</b>	<b>36.000 €</b>	<b>172.175 €</b>

*Tabla 24 Resumen implicación económica total para la construcción de las matrices*

#### 6.3.2.5. Valoración de la opción

En la siguiente tabla, se valoran otras características de la opción de construcción de matrices:

	<b>Opción: Construcción de matrices</b>
Tiempo total	33 semanas
Flexibilidad	3/10
Residuos en producción	Sobranante de chapa, aceite, pepitas (punzonado).
<b>Implicación económica total</b>	<b>172.175 €</b>
Tiempo de ciclo	180 pcs/h
Productividad	alta

*Tabla 25 Valoración opción de matrices como proceso de fabricación*

\* Para valorar la flexibilidad, se ha considerado, que, el proceso únicamente será válido para algún pequeño cambio de espesor de la chapa (una variación de 0,1 mm aproximadamente). Si la pantalla cambiara de geometría, contorno, o de espesor (siendo el cambio mayor a 0,1 mm); se requeriría de adaptar todas las matrices con el correspondiente coste económico y tiempo. Por lo que, tiene una muy baja flexibilidad con respecto a otros procesos.

### 6.3.3. Adquisición de corte láser

Con respecto al corte de la chapa, el corte láser puede resultar una buena opción para llevarlo a cabo. Sin embargo, esta opción se puede estudiar considerando la compra de una máquina, alquilándola o bien externalizando el servicio. En este apartado, se estudia la opción de corte láser adquiriendo la máquina.

#### 6.3.3.1. Operaciones previas y posteriores necesarias

##### Estaciones previas

La opción de corte láser del producto, está como su propio nombre indica focalizado en el corte de la chapa. Sin embargo, de forma previa al corte de material sobrante, es necesario el conformado de la chapa. Además, una vez las chapas estén cortadas, será necesario añadirles el material aislante entre ellas y juntarlas.

El conformado de cada chapa, previo al corte, se realizará en matriz de estampación en frío bajo prensa mecánica.

##### Implicación económica

A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción de las dos primeras operaciones de estampado.

	Diseño	Construcción	<b>TOTAL</b>
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	<b>20.050 €</b>
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	<b>21.725 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.275 €	39.500 €	<b>41.775 €</b>

*Tabla 26 Resumen implicación económica para la construcción de las dos primeras operaciones*

También hay que considerar la implicación económica de los mantenimientos:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	<b>TOTAL</b>
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	6.000 €	<b>26.050 €</b>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	6.000 €	<b>27.725 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.275 €	39.500 €	12.000 €	<b>53.775 €</b>

*Tabla 27 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos primeras operaciones*

### Implicación de tiempo

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4			Mes 5			Mes 6			Mes 7			Mes 8									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	ESTACIONES PREVIAS	26 sem																															
1	Estudio implantación de la solución	1 sem																															
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem																															
3	Diseño matrices	2 sem																															
4	Construcción de las matrices	13 sem																															
5	Primeras muestras	2 sem																															
6	Puesta a punto inicial	1 sem																															
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem																															
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem																															
9	Pruebas de producción	2 sem																															
10	Validación del proceso	1 sem																															

*Imagen 70 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones previas*

ID	Actividad	Duración [semanas]
	<b>ESTACIONES PREVIAS</b>	<b>26 sem</b>
1	Estudio implantación de la solución	1 sem
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem
3	Diseño matrices	2 sem
4	Construcción de las matrices	13 sem
5	Primeras muestras	2 sem
6	Puesta a punto inicial	1 sem
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem
9	Pruebas de producción	2 sem
10	Validación del proceso	1 sem

*Imagen 71 Resumen de actividades de la fase con su duración*

### Estaciones posteriores

Tras realizar el corte de láser, es necesario realizar el resto de las operaciones. A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción de las últimas operaciones del proceso. Cabe destacar, que, la máquina del láser va a realizar únicamente el corte perimetral de la pieza. Los taladros deben realizarse en

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

las últimas operaciones para asegurar que no se desvían o deforman, y que en todo momento cumplen con las tolerancias requeridas.

#### Implicación económica

	Diseño	Construcción	TOTAL
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	<b>19.225 €</b>
Doblador de aletas a 180° + punzonar	40 h * 35 €/h <b>1.400 €</b>	21.500 €	<b>22.900 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.625 €	39.500 €	<b>42.125 €</b>

*Tabla 28 Resumen implicación económica para la construcción las últimas operaciones*

También hay que considerar la implicación económica de los mantenimientos:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	6.000 €	<b>25.225 €</b>
Doblador de aletas a 180° + punzonar	40 h * 35 €/h <b>1.400 €</b>	21.500 €	6.000 €	<b>28.900 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.625 €	39.500 €	12.000 €	<b>54.125 €</b>

*Tabla 29 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores*

#### Implicación de tiempo

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	ESTACIONES POSTERIORES	26 sem																																
16	Estudio implantación de la solución	1 sem																																
17	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem																																
18	Diseño matrices	2 sem																																
19	Construcción de las matrices	13 sem																																
20	Primeras muestras	2 sem																																
21	Puesta a punto inicial	1 sem																																
22	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem																																
23	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem																																
24	Pruebas de producción	2 sem																																
25	Validación del proceso	1 sem																																

*Imagen 72 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores*

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

ID	Actividad	Duración [semanas]
	<b>ESTACIONES PREVIAS</b>	<b>26 sem</b>
1	Estudio implantación de la solución	1 sem
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem
3	Diseño matrices	2 sem
4	Construcción de las matrices	13 sem
5	Primeras muestras	2 sem
6	Puesta a punto inicial	1 sem
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem
9	Pruebas de producción	2 sem
10	Validación del proceso	1 sem

*Imagen 73 Resumen de actividades de la fase con su duración*

Nota: la fase de diseño de operaciones previas y posteriores, podría realizarse en paralelo. Con respecto a los trabajos de construcción, éstos, podrían llevarse a cabo de manera paralela salvo por las primeras muestras. Para obtener primeras muestras de las operaciones posteriores, se necesita tener las operaciones previas acabadas y operativas, o como mínimo, funcionales (que saquen primeras muestras) y la máquina de láser operativa también.

#### 6.3.3.2. Maquinaria de corte láser

Para llevar a cabo el corte de las chapas previamente conformadas, es necesario considerar que la máquina de corte de láser debe ser capaz de cortar en 3D y no únicamente en 2D, por lo que, se requiere de un tipo de máquina concreta. La máquina deberá de cortar el contorno de la pieza, así como los taladros de la misma.

También es necesario considerar las tolerancias de la pieza: de contorno, dimensión de taladros y posición de éstos; con el fin de asegurar que la máquina de corte láser, es capaz de cumplir con los requisitos dimensionales de la pieza.

Considerando que las tolerancias son:

Contorno:	$\pm 2 \text{ mm}$
Superficie:	$\pm 2 \text{ mm}$
Dimensión taladros:	$\pm 0,5 \text{ mm}$
Posición taladros:	$\pm 1 \text{ mm}$



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Algunas de las opciones que ofrece el mercado y que cumplen con los requerimientos establecidos, son:

### Opción 1

Fabricante	Modelo
Triumpf	TruLaser Cell 7040

Triumpf, TruLaser Cell 7040



*Imagen 74 Máquina corte láser TruLaser Cell 7040*

(Fuente: [https://www.trumpf.com/es\\_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-por-laser-3d/](https://www.trumpf.com/es_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-por-laser-3d/))

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

## Opción 2

Fabricante	Modelo
Trumpf	TruLaser Cell 8030

Trumpf, TruLaser Cell 8030



Imagen 75 Máquina corte láser TruLaser Cell 8030

(Fuente: [https://www.trumpf.com/es\\_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-por-laser-3d/](https://www.trumpf.com/es_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-por-laser-3d/))



Imagen 76 Máquina corte láser TruLaser Cell 8030 – dimensiones instalación

(Fuente: [https://www.trumpf.com/es\\_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-por-laser-3d/](https://www.trumpf.com/es_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-por-laser-3d/))

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

DATOS TÉCNICOS	TruLaser Cell 7040	TruLaser Cell 8030
<b>Dimensiones</b>		
Largo [mm]	8.500	7.300
Ancho [mm]	6.700	6.700
Alto [mm]	3.500	3.500
<b>Desplazamiento del eje</b>		
X [mm]	4000	3000
Y [mm]	1500/200	1500
Z [mm]	750	600
Carga máxima [kg]	1600	300
<b>Velocidad</b>		
X / Y / Z [m/min]	100	100
Simultánea [m/min]	173	173
<b>Aceleración</b>		
X / Y / Z [m/s <sup>2</sup> ]	10	10
Simultánea [m/s <sup>2</sup> ]	16,7	17,3
Potencia máx. del láser [W]	6.000	4.000
Láseres disponibles	TruFlow, TruDisk	TruDisk
Tecnologías disponibles	Soldadura por láser, corte por láser, láser cladding	Corte por láser
<b>Dispositivo de cambio rotatorio</b>		
Diámetro [mm]	4.000 / 5.200	4.000 / 4.800
Carga máx. por lado [kg]	350 / 700	300
Estaciones [cant.]	2	2 / 3
Tiempo de giro [s]	5,5	2,3
Suma de tiempo improductivo total [s]	9	5
<b>Precisión de corte [mm]</b>	± 0,05 mm	± 0,05 mm
<b>Precio de venta [€]</b>	850.000 €	700.000 €

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Plazo de entrega	20 semanas	16 semanas
------------------	------------	------------

Tabla 30 Resumen características técnicas máquinas de corte láser Trumpf TruLaser Cell 7040 y Trumpf TruLaser 8030.

Además, ambas máquinas láser requerirán del mismo tipo de mantenimiento con sus respectivos costes.

Tarea	Duración	Coste horario	Coste total
<b>Tareas semanales</b>			
Limpieza y verificación del exterior del cabezal de corte	1 h	40 €	40 €
Revisar conexiones	1 h	40 €	40 €
<b>Tareas anuales</b>			
Revisión general de la máquina láser	20 h	40 €	800 €
Cambiar los componentes ópticos	8 h	40 € (3.000 € material)	3.320 €

Tabla 31 Resumen costes mantenimiento máquinas láser

El coste total de los mantenimientos de la máquina láser al año es de:

$$80 \frac{\text{€}}{\text{semana}} \cdot 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 4.160 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$4.160 \frac{\text{€}}{\text{año}} + 800 \text{ €} + 3.320 \text{ €} = 8.280 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Considerado una vida total de 5 años del proyecto, los costes totales de mantenimiento quedan:

$$8.280 \frac{\text{€}}{\text{año}} \cdot 5 \text{ años} = 41.400 \text{ €}$$

### Decisión máquina láser

Se considera la opción de máquina láser TruLaser Cell 8030.

### 6.3.3.3. Equipamiento adicional necesario

Además, se requiere un ordenador con software en el que desarrollar el programa de corte de láser. También se necesita un registro en el que colocar las piezas siempre de la misma manera, para asegurar que el corte cumple con los requerimientos. El registro puede ser algo muy sencillo, con una estructura de base y unas costillas que aseguren una continuidad en la colocación del producto es suficiente. Es importante asegurar que, en ningún caso, el registro pueda dañar la pieza en algún punto, ya que ésta, sería automáticamente desechable.

Sin embargo, en función de lo complejo y completo que sea el soporte, se podrán garantizar mejores condiciones de tolerancias en el corte.

Además, con el fin de poder controlar que el corte es realizado según los requerimientos, se requiere también de un pequeño calibre en el que controlar el contorno nominal de la pieza, con las aletas desplegadas.

	<b>Precio</b> (diseño + construcción)	<b>Tolerancia en</b> <b>corte</b>	<b>Plazo de entrega</b>
Posicionador sencillo	850 €	± 4 mm	1 semana
Posicionador complejo	2.800 €	± 0,5 mm	3 semanas
Calibre control de corte	1.200 €	NA	2 semanas

*Tabla 32 Resumen precios posicionador láser en función de calidad de acabados y calibre de control de corte*

Tomando en consideración que la opción de posicionador sencillo no cumpliría con los requerimientos técnicos, la valoración económica, quedaría:

	<b>Precio</b> (diseño + construcción)	<b>Tolerancia en</b> <b>corte</b>	<b>Plazo de entrega</b>
Posicionador complejo	2.800 €	± 0,5 mm	3 semanas
Calibre control de corte	1.200 €	NA	2 semanas
<b>TOTAL</b>	4.000 €		3 semanas en total

*Tabla 33 Resumen precios posicionador láser y calibre de control de corte*

#### 6.3.3.4. Requerimientos para la instalación en planta

Desde el punto de vista de la instalación de la máquina en la empresa, hay que tener en cuenta cuatro factores principales:

- Suministro de aire limpio: se requiere de un compresor de aire.
- Electricidad: para simplificar y tener una mayor comodidad en la instalación, toda la alimentación se toma desde un solo punto de conexión.
- Base: se requiere de una base para la máquina adecuada, ya que ésta, trabajará con la máxima precisión.

Se consideran unos costes de alrededor de 6.000 € para la instalación en planta.

#### 6.3.3.5. Medioambiente

Hay que considerar que los residuos de la máquina son responsabilidad del usuario que le emplee. Las partículas, humo o vapores que capturan los filtros del extractor pueden considerarse residuos peligrosos. Deben desecharse siguiendo la normativa europea 2008/98/EC.

Además, la mayoría de las máquinas de láser necesitan del empleo de gases contaminantes.

#### 6.3.3.6. Logística en la producción

Para llevar a cabo esta opción hay que estudiar la implantación en producción con la logística correcta. En primer lugar, hay que producir un lote de capas inferiores y de capas exteriores para mandar a cortar al láser.

La producción debe de planificarse una vez se reciba el primer lote cortado. Las piezas deberán de llegar en dos contenedores diferentes: uno con las piezas de la capa inferior y otro, con las piezas de la capa superior, para asegurar que éstas no se mezclan (las superficies son diferentes).

Bajo prensa deberán de montarse las operaciones previas y las posteriores al corte. Además, se deberán de tener accesibles los contenedores con piezas cortadas y otros dos vacíos, así como un quinto para el producto acabado. Aunque también puede realizarse de manera independiente, pese a que, juntando todo el proceso bajo prensa, se puede optimizar más el tiempo de máquina.

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

A medida que se estampen piezas de capa inferior o superior, se irán colocando en los correspondientes contenedores. A su vez, se irán sacando piezas de los contenedores recibidos del láser para pasar por las operaciones posteriores.

#### 6.3.3.7. Planificación. Diagrama de Gantt

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt. Tal y como se ha avanzado anteriormente, los diseños y construcción de las operaciones previas y posteriores, se pueden realizar en paralelo. No obstante, para las primeras muestras del láser, el limitante será obtener primeras muestras de las operaciones previas. Así como para las operaciones posteriores, el limitante será recibir piezas del láser.

Como comentario adicional, tanto el posicionador como el calibre de control, se pueden construir en cualquier momento de la fase de construcción de la máquina de láser, ya que únicamente dependen de cuando haya piezas disponibles de las estaciones previas para empezar a hacer pruebas. Se han colocado al límite de la recepción de primeras muestras de las estaciones previas, con el fin de evitar stock parado.

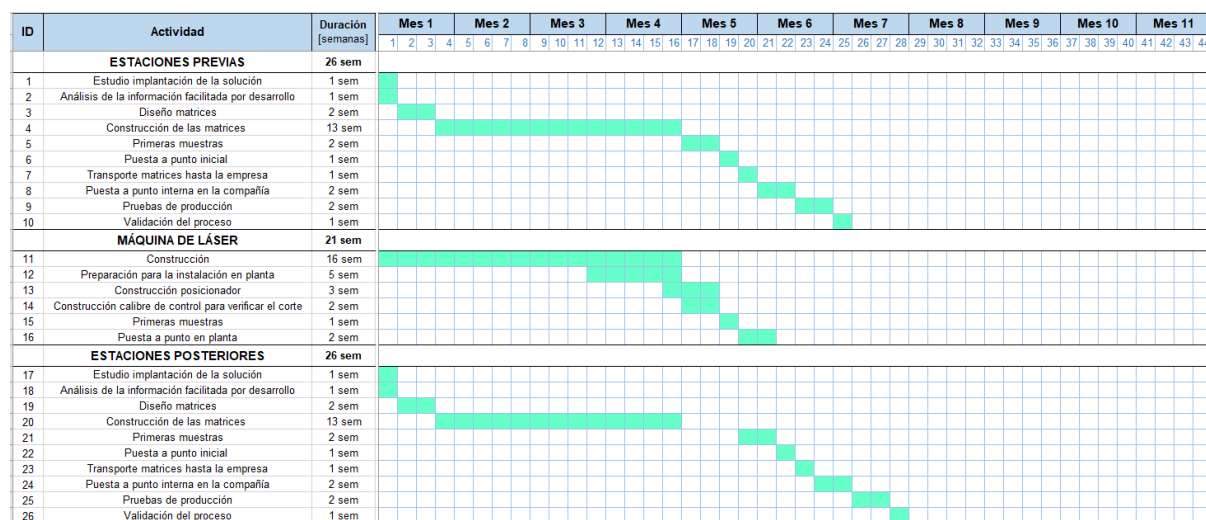


Imagen 77 Resumen diagrama de Gantt adquisición máquina de corte láser

#### 6.3.3.8. Diagrama de flujo

##### Definición de estaciones

Estación 1: Matriz de estampar capa inferior

Estación 2: Matriz de estampar capa superior + marcar

Estación 3: estación intermedia para colocar pieza ya cortada del láser de la capa inferior, manta y pieza ya cortada del láser de la capa superior

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Estación 4: Matriz de doblar a  $90^\circ$

Estación 5: Matriz de doblar a  $180^\circ$  + punzonar

**Estación 1:** En esta estación se conforma la capa inferior de chapa metálica según la geometría de la pantalla.

**Estación 2:** En esta estación se conforma la capa superior de chapa metálica según la geometría de la pantalla y se marca el logo de la mano (no tocar).

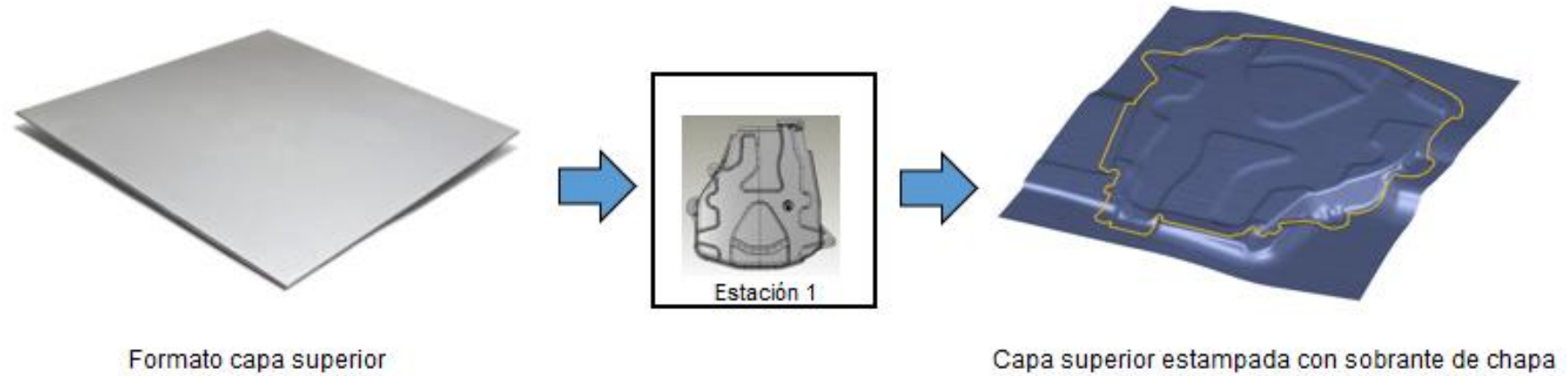
**Estación 3:** La estación 3 no realiza ningún cambio en el producto, simplemente, sirve de estación intermedia para juntar el sandwich o conjunto de capas de la pieza: capa inferior estampada y cortada por el láser + material aislante + capa superior estampada y cortada por el láser.

**Estación 4:** En la estación 4, colocando el conjunto de las tres capas cortadas obtenido de la estación anterior, se obtiene el conjunto con las aletas dobladas a  $90^\circ$ .

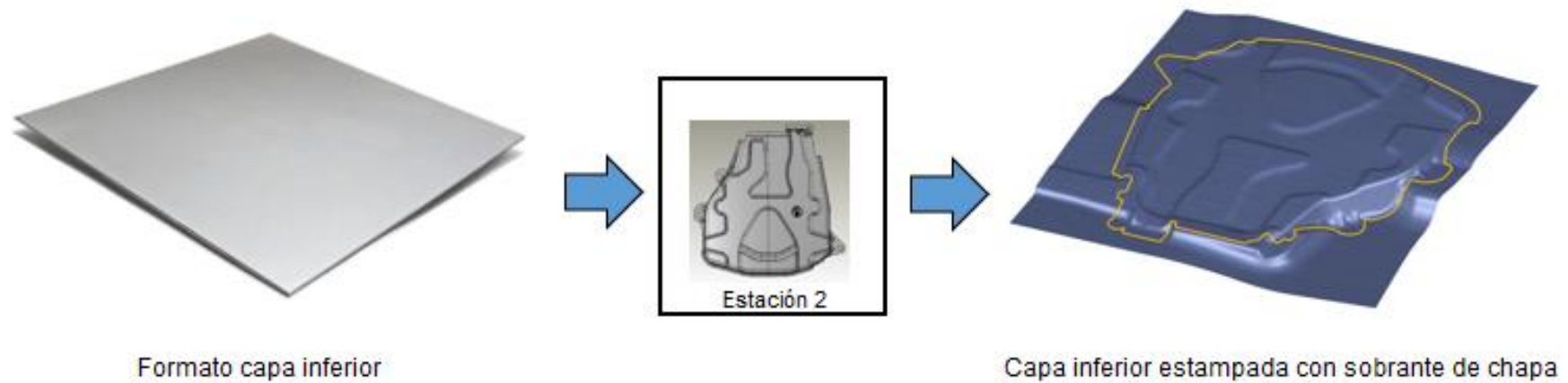
**Estación 5:** En la estación 5, se obtiene la pantalla con las aletas cerradas a  $180^\circ$  y se punzonan los agujeros correspondientes.

Con el siguiente diagrama, se especifica qué se hace en las diferentes operaciones. Cómo entra el producto y como sale transformado de la estación.

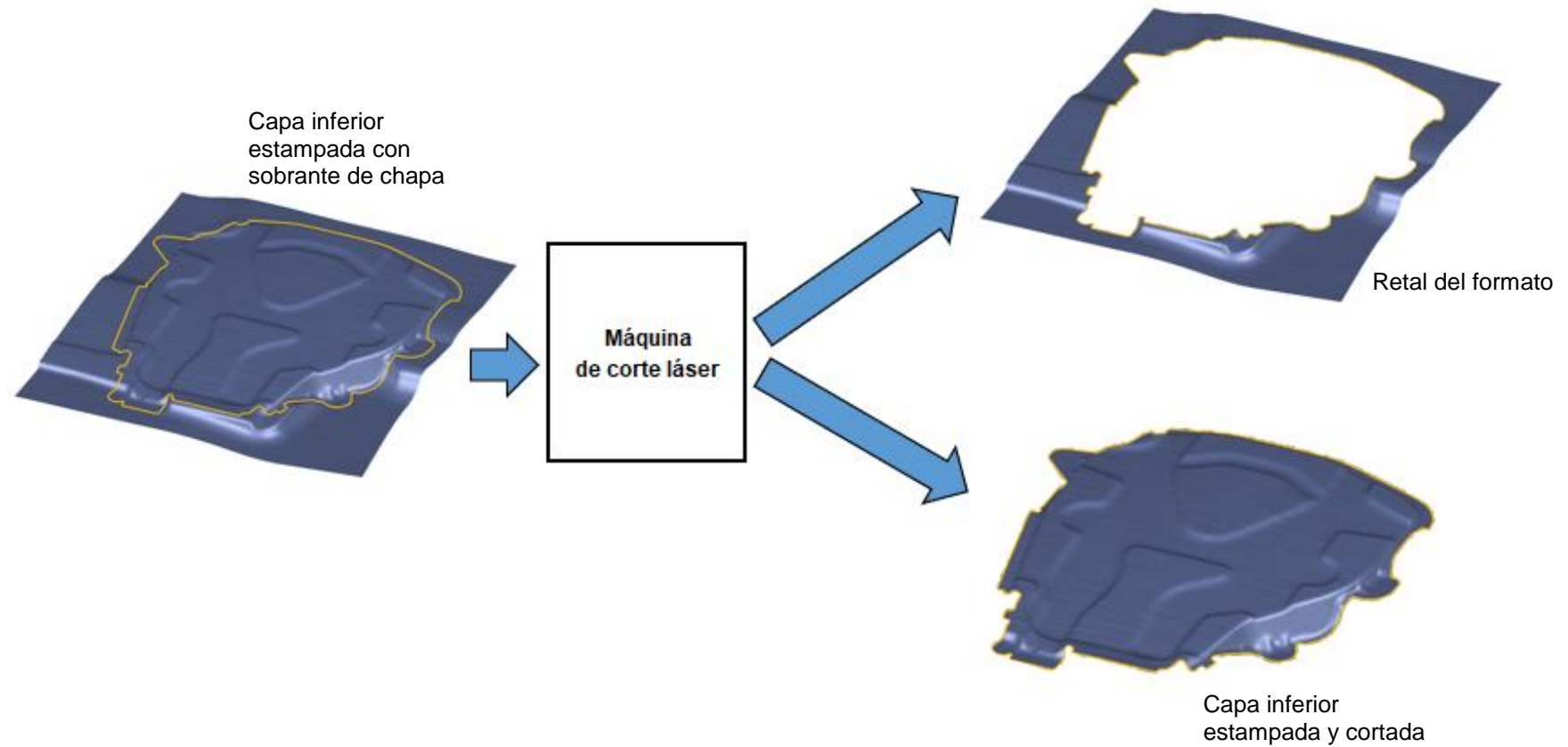




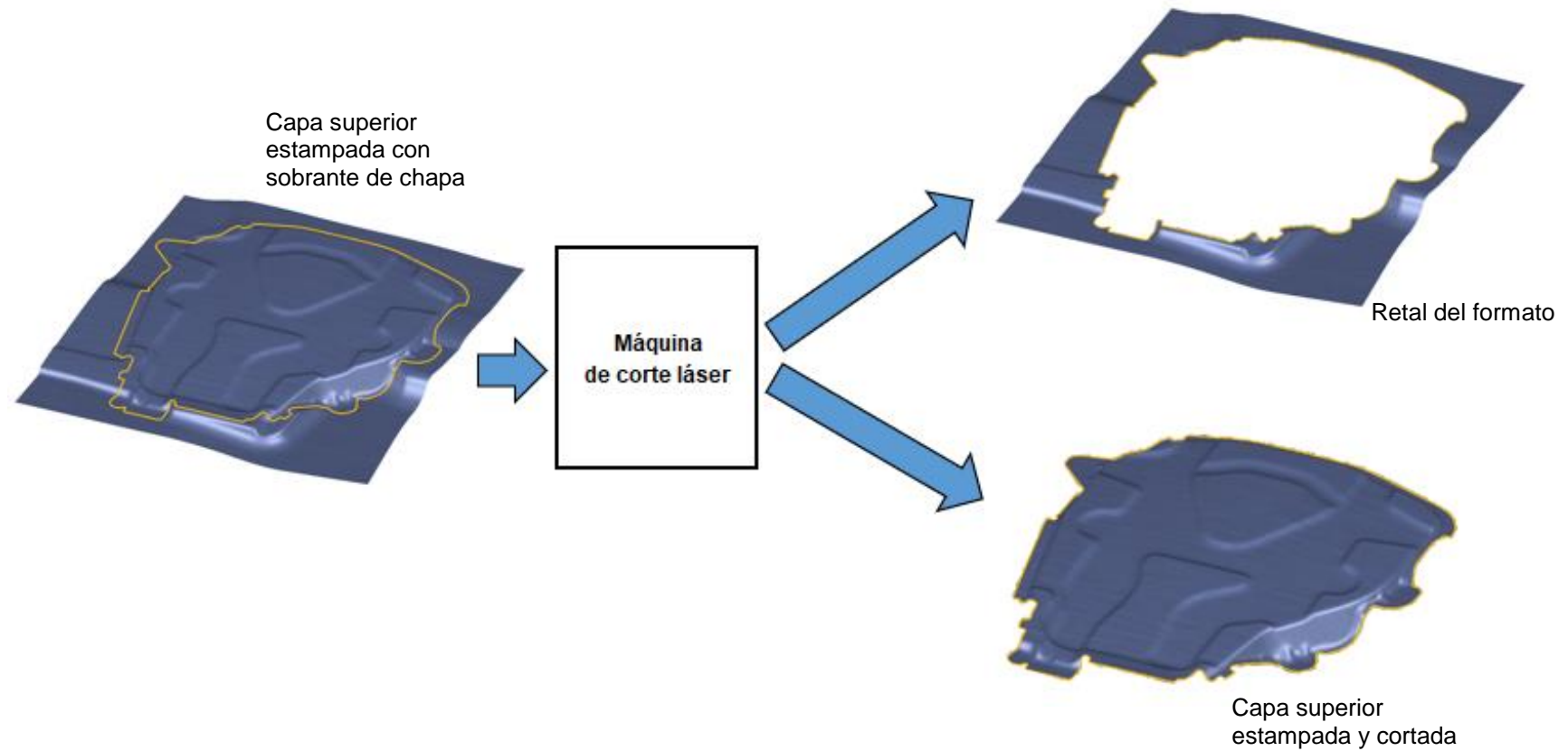
*Imagen 78 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior*



*Imagen 79 Diagrama estación 2 - estampador capa superior*



*Imagen 80 Diagrama corte láser de la capa inferior*



*Imagen 81 Diagrama corte láser de la capa superior*

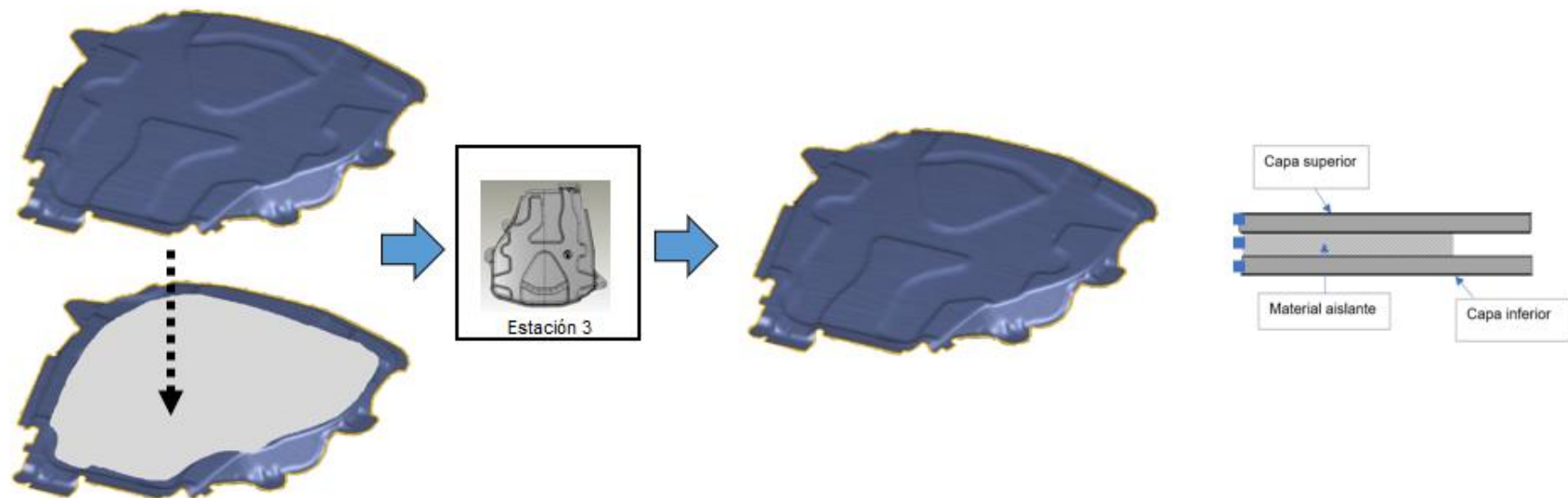


Imagen 82 Diagrama estación 3 - sandwich (juntar) capa inferior, material aislante y capa superior

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.





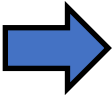

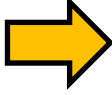

Imagen 83 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90°



Imagen 84 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180° + punzonar

### Diagrama de flujo

En la siguiente página, se presenta el diagrama de flujo del proceso. Para su correcta explicación, se presenta una tabla a modo de leyenda.

	Operario
	Desplazamientos correspondientes al operario 1
	Secuencia de movimientos del operario 1
	Desplazamientos correspondientes al operario 2
	Secuencia de movimientos del operario 2
	Desplazamiento periódico para la comprobación del corte láser en el calibre

*Tabla 34 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de adquisición máquina corte láser*

Las flechas que indican la secuencia de movimientos de cada operario están numeradas, según el orden de cada movimiento a realizar.

Con respecto al primer diagrama, en el que se muestra la primera parte en prensa con las operaciones previas y posteriores, en este caso, los operarios están rodeados de 4 contenedores adicionales, 2 por cada operario. Dos de los contenedores son para apilar las piezas estampadas de cada mano (capa superior y capa inferior) para posteriormente, cortar con la máquina láser.

Los otros dos contenedores, contienen piezas ya cortadas a láser, que, en la estación 3, juntan los dos formatos con la manta en medio para pasar a la estación 4. El fondo gris sobre el que están puestas las estaciones, corresponde al plato de prensa visto en planta, con todo el proceso montado.

El siguiente diagrama, corresponde a la parte del corte láser en máquina. El operario sacaría en primer lugar el conjunto de piezas ya cortadas de la máquina, sandwich de parte inferior y de parte superior, y las colocaría separadas en sus contenedores correspondientes. A continuación, cogería una primera pieza estampada de la capa inferior, la colocaría encima la parte superior y colocaría ambas, en modo de sandwich, en la máquina parte el corte.

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Periódicamente, se comprueba que el corte es correcto, colocando la pieza encima del calibre de control. El fondo gris en este caso, corresponde a la máquina de corte láser.

### Tiempo de ciclo corte láser

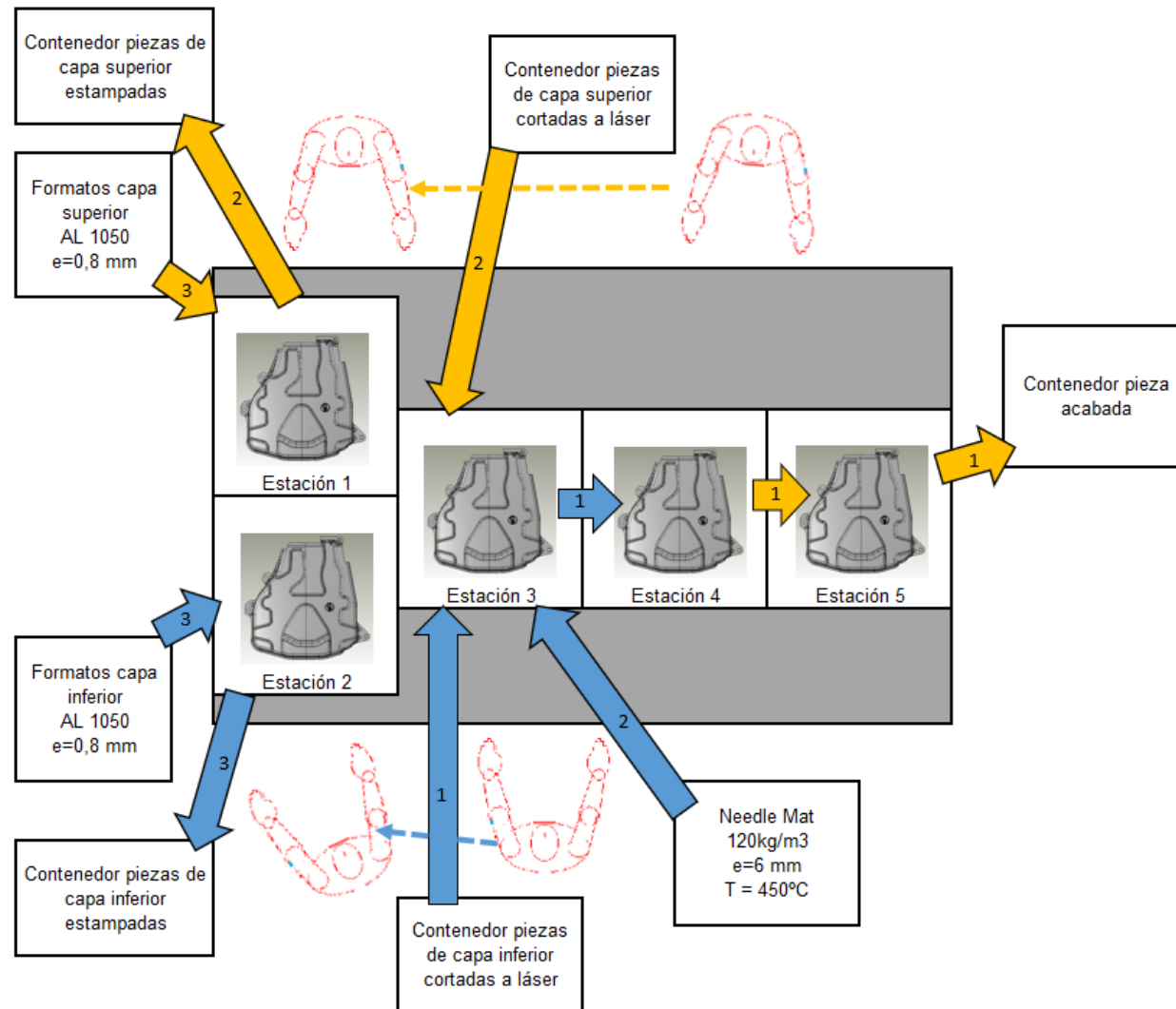
Considerando que ambas máquinas tienen una velocidad de corte simultaneo en X, Y, Z de 173 m/min, se calcula el tiempo de ciclo para la máquina. La pieza tiene un perímetro total de corte de 6.100 mm. La máquina tarda en cortar cada 20 s. Sin embargo, hay que considerar un tiempo improductivo de 9 s en los que el operario coge las piezas cortadas y pone las chapas a cortar. Con lo cual, se considera un total de 29 s por pieza.

$$\frac{1 \text{ pieza}}{29 \text{ s}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 124,14 \frac{\text{piezas}}{\text{h}} \text{ ---> } 124 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}$$

Cabe destacar que no es posible cortar los dos formatos que conforman la pieza a la vez, por riesgo de que queden soldados entre ellos. Con lo cual, el tiempo de ciclo cambia, considerando que hay que cortar el doble de piezas, que es lo mismo que considerar el doble de tiempo total de 29s a 58s:

$$\frac{1 \text{ pieza}}{59 \text{ s}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 61,01 \frac{\text{piezas}}{\text{h}} \text{ ---> } 60 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}$$

Por lo que, para realizar el corte de un lote de 3.500 piezas, se necesitará un tiempo total de: 58,3 horas, es decir, prácticamente 2,5 días considerando 24 horas de trabajo.



*Imagen 85 Diagrama de flujo para la producción con matrices y adquisición de máquina de corte láser – parte matrices*



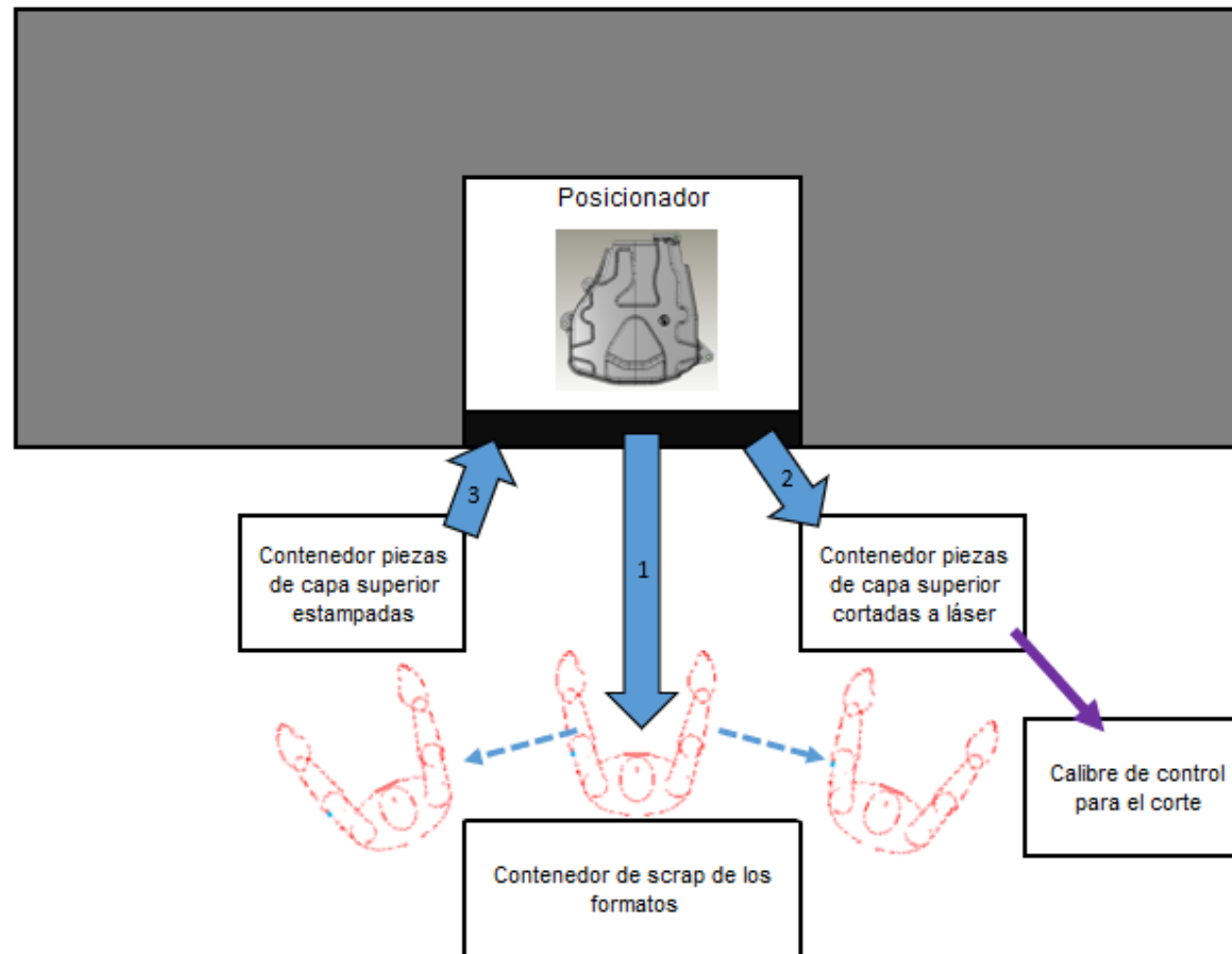


Imagen 86 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte láser – parte máquina de corte láser capa superior

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

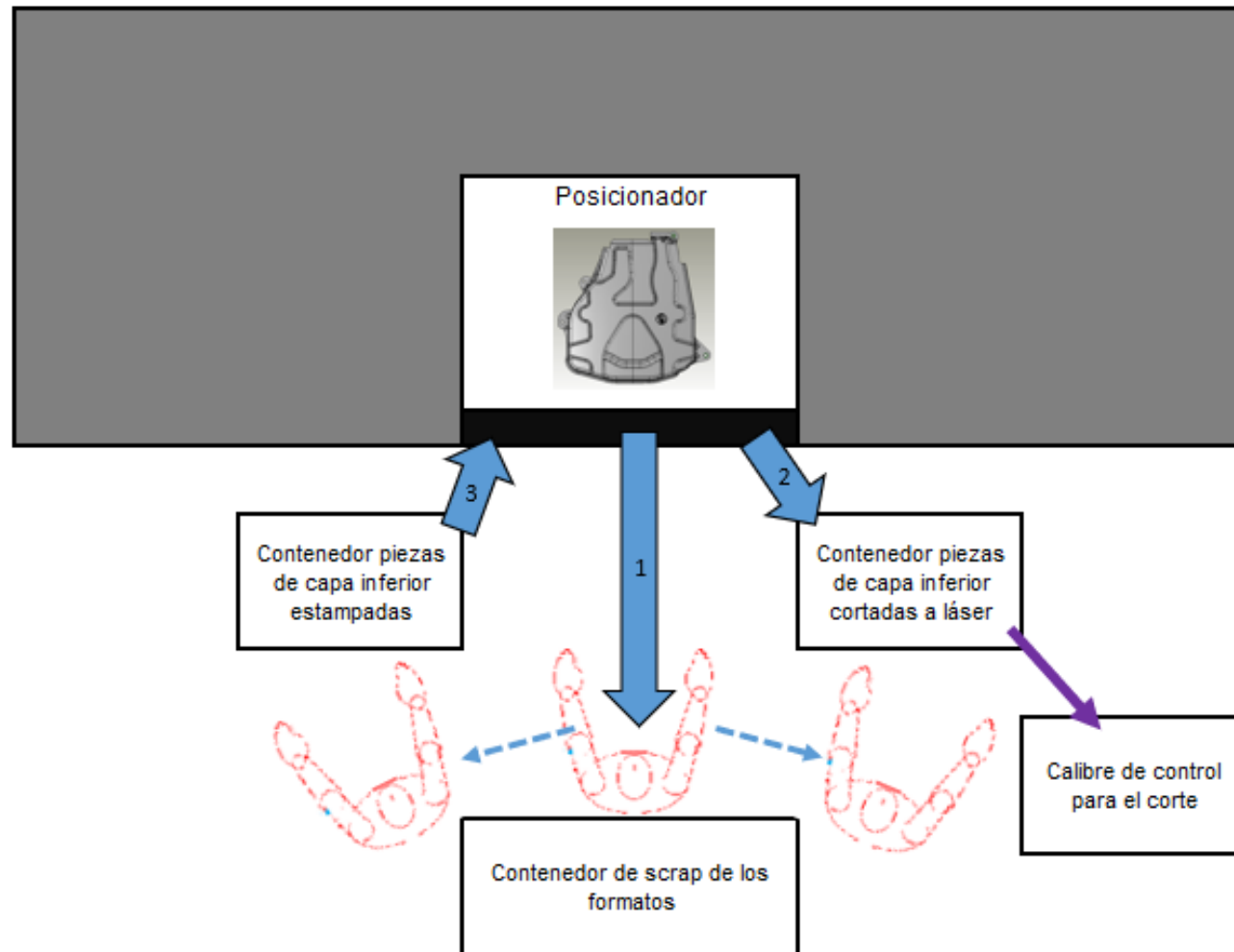


Imagen 87 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte láser – parte máquina de corte láser capa inferior

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 6.3.3.9. Valoración económica

En la tabla siguiente se resume toda la inversión económica para esta opción:

	<b>Diseño</b>	<b>Construcción</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>TOTAL</b>
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h 1.050 €	19.000 €	6.000 €	26.050 €
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h 1.225 €	20.500 €	6.000 €	27.725 €
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h 1.225 €	18.000 €	6.000 €	25.225 €
Doblador de aletas a 180° + punzonar	40 h * 35 €/h 1.400 €	21.500 €	6.000 €	28.900 €
Máquina láser	-	700.000 €	41.400 €	741.400 €
Instalación en la empresa	-	6.000 €	-	6.000 €
Posicionador complejo	-	-		2.800 €
Calibre control de corte	-	-		1.200 €
<b>TOTAL</b>	<b>4.900 €</b>	<b>785.000 €</b>	<b>65.400 €</b>	<b>859.300 €</b>

*Tabla 35 Resumen económico opción compra máquina de corte láser*

### 6.3.3.10. Valoración de la opción

Por último, se realiza una valoración global de esta opción, considerando otros aspectos, tales como la flexibilidad o la productividad.

	<b>Opción: Adquisición de máquina de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte</b>
Tiempo total	28 semanas

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Flexibilidad	9/10
Residuos en producción	Sobranante de chapa, aceite, pepitas (punzonado).
<b>Implicación económica total</b>	<b>859.300 €</b>
Tiempo de ciclo matrices	160 pcs/h
Tiempo de ciclo máquina láser	60 pcs/h
Productividad	alta

*Tabla 36 Valoración opción de adquisición de máquina de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte*

\* Para valorar la flexibilidad, se ha considerado, que, dado que se dispone de una máquina de láser, la flexibilidad es muy alta, ya que puede cortar prácticamente cualquier material y espesor, (considerando la gama de materiales y espesores empleados en la compañía). Se le ha ponderado con un 9/10, ya que, las únicas "limitaciones" son la preparación de un posicionador nuevo (dependiendo de la pieza) y modificación o creación de un programa de corte nuevo.

\* El tiempo de ciclo de las matrices se ve ligeramente penalizado, pese a haber una estación menos, debido a que hay más tiempo intermedios con los contenedores de piezas estampadas y piezas cortadas de láser.

Tal y como se muestra en la tabla de valoraciones, la diferencia de tiempo de ciclo, puede provocar cuellos de botella en el proceso. Además de la generación de stock intermedio y de la incomodidad de trabajar con tantos contenedores diferentes para separar los productos de las diferentes fases. Otra de las desventajas que supone una máquina de corte láser, es que, no se puede considerar la opción de cortar más de una pieza a la vez aprovechando el potencial de la máquina, por el riesgo a soldar entre sí los formatos.

Por otro lado, supone una inversión que otorgará a la empresa una muy alta flexibilidad frente a nuevos proyectos.

### 6.3.4. Subcontratación del corte láser

Con respecto al corte de la chapa mediante corte láser, además de la opción de adquisición, también existe la posibilidad de subcontratar los servicios a una empresa externa.

#### 6.3.4.1. Operaciones previas y posteriores necesarias

Como en el apartado anterior, de la misma manera que en el caso de adquisición de la máquina de corte láser, hay que considerar que las operaciones previas se realizarán independientemente. Considerando el mismo escenario que en el apartado anterior, las implicaciones para las matrices de operaciones previas y posteriores, son:

#### Estaciones previas

El conformado de cada chapa, previo al corte, se realizará en matriz de estampación en frío bajo prensa mecánica.

#### Implicación económica

A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción de las dos primeras operaciones de estampado.

	Diseño	Construcción	TOTAL
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	<b>20.050 €</b>
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	<b>21.725 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.275 €	39.500 €	<b>41.775 €</b>

*Tabla 37 Resumen implicación económica para las dos primeras operaciones*

También hay que considerar la implicación económica de los mantenimientos:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	6.000 €	<b>26.050 €</b>
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	6.000 €	<b>27.725 €</b>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

<b>TOTAL</b>	<b>2.275 €</b>	<b>39.500 €</b>	<b>12.000 €</b>	<b>53.775 €</b>
--------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------

*Tabla 38 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos primeras operaciones*

### Implicación de tiempo

Se requieren de casi 2 semanas de diseño para definir las matrices y de 16 semanas de construcción y puesta a punto.

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1			Mes 2			Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	ESTACIONES PREVIAS	26 sem																																
1	Estudio implantación de la solución	1 sem																																
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem																																
3	Diseño matrices	2 sem																																
4	Construcción de las matrices	13 sem																																
5	Primeras muestras	2 sem																																
6	Puesta a punto inicial	1 sem																																
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem																																
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem																																
9	Pruebas de producción	2 sem																																
10	Validación del proceso	1 sem																																

*Imagen 88 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones previas*

ID	Actividad	Duración [semanas]
	<b>ESTACIONES PREVIAS</b>	<b>26 sem</b>
1	Estudio implantación de la solución	1 sem
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem
3	Diseño matrices	2 sem
4	Construcción de las matrices	13 sem
5	Primeras muestras	2 sem
6	Puesta a punto inicial	1 sem
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem
9	Pruebas de producción	2 sem
10	Validación del proceso	1 sem

*Imagen 89 Resumen de actividades de la fase con su duración*

### **Estaciones posteriores**

Tras realizar el corte de láser, es necesario realizar el resto de las operaciones. A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción de las últimas operaciones del proceso. Cabe destacar, que, la máquina del láser va a realizar únicamente el corte perimetral de la pieza. Los taladros deben realizarse en

las últimas operaciones para asegurar que no se desvían o deforman, y que en todo momento cumplen con las tolerancias requeridas.

	Diseño	Construcción	TOTAL
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	<b>19.225 €</b>
Doblador de aletas a 180° + punzonar	40 h * 35 €/h <b>1.400 €</b>	21.500 €	<b>22.900 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.625 €	39.500 €	<b>42.125 €</b>

*Tabla 39 Resumen implicación económica para las últimas operaciones*

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Doblador de aletas a 90º	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	6.000 €	<b>25.225 €</b>
Doblador de aletas a 180º + punzonar	40 h * 35 €/h <b>1.400 €</b>	21.500 €	6.000 €	<b>28.900 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.625 €	39.500 €	12.000 €	<b>54.125 €</b>

*Tabla 40 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores*

[illegible]

Imagen 90 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

ID	Actividad	Duración [semanas]
	<b>ESTACIONES PREVIAS</b>	<b>26 sem</b>
1	Estudio implantación de la solución	1 sem
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem
3	Diseño matrices	2 sem
4	Construcción de las matrices	13 sem
5	Primeras muestras	2 sem
6	Puesta a punto inicial	1 sem
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem
9	Pruebas de producción	2 sem
10	Validación del proceso	1 sem

*Imagen 91 Resumen de actividades de la fase con su duración*

Nota: la fase de diseño de operaciones previas y posteriores, podría realizarse en paralelo. Con respecto a los trabajos de construcción, éstos, podrían llevarse a cabo de manera paralela salvo por las primeras muestras. Para obtener primeras muestras de las operaciones posteriores, se necesita tener las operaciones previas acabadas y operativas, o como mínimo, funcionales (que saquen primeras muestras) y la máquina de láser operativa también.

#### 6.3.4.2. Equipamiento adicional necesario en proveedor

Con el fin de garantizar que las piezas son correctamente cortadas, se requiere de un registro en el que colocar las piezas siempre de la misma manera, para asegurar que el corte cumple con los requerimientos. El registro puede ser algo muy sencillo, con una estructura de base y unas costillas que aseguren una continuidad en la colocación del producto es suficiente. Es importante asegurar que, en ningún caso, el registro pueda dañar la pieza en algún punto, ya que ésta, sería automáticamente desechable.

Dado que ya se ha estudiado en el apartado anterior, a continuación, se expone el resumen del posicionador que sería necesario para cumplir con las tolerancias de pieza.

	Precio (diseño + construcción)	Tolerancia en corte	Plazo de entrega
Posicionador complejo	2.800 €	± 0,5 mm	3 semanas



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Calibre control de corte	1.200 €	NA	2 semanas
<b>TOTAL</b>	4.000 €		3 semanas en total

*Tabla 41 Resumen precios posicionador láser y calibre de control de corte*

El proveedor de corte láser a su vez, deberá de preparar el programa con el corte a realizar en ambas capas.

#### 6.3.4.3. Logística en la producción

Para llevar a cabo esta opción hay que estudiar la implantación en producción con la logística correcta. En primer lugar, hay que producir un lote de capas inferiores y de capas exteriores para mandar a cortar al láser.

La producción debe de planificarse una vez se reciba el primer lote cortado. Las piezas deberán de llegar en dos contenedores diferentes: uno con las piezas de la capa inferior y otro, con las piezas de la capa superior, para asegurar que éstas no se mezclan (las superficies son diferentes).

Bajo prensa deberán de montarse las operaciones previas y las posteriores al corte. Además, se deberán de tener accesibles los contenedores con piezas cortadas y otros dos vacíos, así como un quinto para el producto acabado. Aunque también puede realizarse de manera independiente, pese a que, juntando todo el proceso bajo prensa, se puede optimizar más el tiempo de máquina.

A medida que se estampen piezas de capa inferior o superior, se irán colocando en los correspondientes contenedores. A su vez, se irán sacando piezas de los contenedores recibidos del láser para pasar por las operaciones posteriores.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

#### 6.3.4.4. Proveedores de corte láser cercanos a Terrassa

Realizando una primera búsqueda de proveedores que puedan ofrecer los servicios de corte de láser relativamente cerca de Terrassa, se encuentran los siguientes:



*Imagen 92 Proveedores láser cerca de Terrassa*

(Fuente: <https://www.google.es/maps/search/proveedores+corte+laser>)

Tras contactar con alguno de ellos, las opciones de proveedores que dispongan de maquina para realizar cortes en láser de 3D y para metales, son:

- Rubilaser S.L
- Laser Automotive Barcelona S.L.
- Hidegar laser

En la siguiente tabla, se encuentra la comparativa de precios entre los diferentes proveedores, separado por concepto:

PROVEEDOR	Precio / pieza	Cantidad piezas / lote	Precio / lote	Programa	TOTAL
Rubilaser S.L.	14 €	3.500	49.000 €	200	49.200 €
Laser Automotive Barcelona S.L.	13 €	3.500	45.500 €	190	45.690 €
Hidegar laser	16 €	3.500	56.000 €	250	56.250 €

*Tabla 42 Resumen costes proveedores de láser*

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Considerando que la vida del producto es de 5 años, con unas necesidades de alrededor de 185.000 € anuales, el coste total del corte láser, sería en cada caso para una producción total de aproximadamente 925.000 piezas:

PROVEEDOR	Coste anual
Rubilaser S.L.	2.590.000 €
Laser Automotive Barcelona S.L.	2.405.000 €
Hidegar laser	2.960.000 €

*Tabla 43 Resumen costes producción anual proveedores de láser*

PROVEEDOR	Coste total vida del producto
Rubilaser S.L.	12.950.000 €
Laser Automotive Barcelona S.L.	12.025.000 €
Hidegar laser	14.800.000 €

*Tabla 44 Resumen costes producción total proveedores de láser*

### Tiempo de ciclo

Teniendo en cuenta que la maquinaria de la que disponen los proveedores de láser, cumple prácticamente con las mismas características que las máquinas de láser propuesta, se considera que tienen un tiempo de ciclo de 124 pcs/h.

El tiempo necesario para el corte de un lote de 3.500 piezas, es de:

$$\frac{3.500 \text{ pcs}}{60 \frac{\text{pcs}}{\text{h}}} = 58,3 \text{ h}$$

Considerando que los proveedores tienen dos turnos al día de 8h cada uno:

$$\frac{58,3 \text{ h}}{16 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 3,6 \text{ días}$$

Teniendo en cuenta los transportes de ida y vuelta, se puede considerar que los proveedores de láser tardan 4 días en cortar el lote de 3.500 piezas.

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 6.3.4.5. Planificación. Diagrama de Gantt

Los diseños y construcción de las operaciones previas y posteriores, se pueden realizar en paralelo. No obstante, para las primeras muestras del láser, el limitante será obtener primeras muestras de las operaciones previas. Así como para las operaciones posteriores, el limitante será recibir piezas del láser.

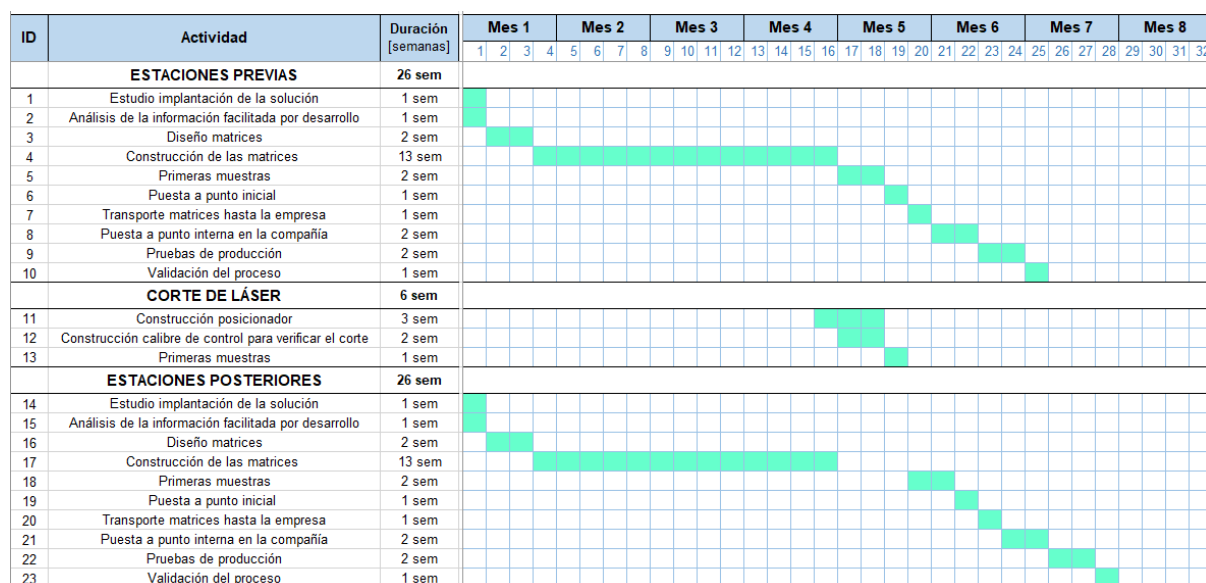


Imagen 93 Resumen diagrama de Gantt subcontratación de corte làser

### 6.3.4.6. Diagrama de flujo

#### Definición de estaciones

Estación 1: Matriz de estampar capa inferior

Estación 2: Matriz de estampar capa superior + marcar

Estación 3: estación intermedia para colocar pieza ya cortada del láser de la capa inferior, manta y pieza ya cortada del láser de la capa superior

Estación 4: Matriz de doblar a 90°

Estación 5: Matriz de doblar a 180° + punzonar

**Estación 1:** En esta estación se conforma la capa inferior de chapa metálica según la geometría de la pantalla.

**Estación 2:** En esta estación se conforma la capa superior de chapa metálica según la geometría de la pantalla y se marca el logo de la mano (no tocar).

**Estación 3:** A continuación, se juntan las capas. Capa inferior estampada, con el material aislante y la capa superior estampada. En esta estación se hace el sandwich de capas y se corta todo, obteniendo el conjunto cortado y el retal de formato.

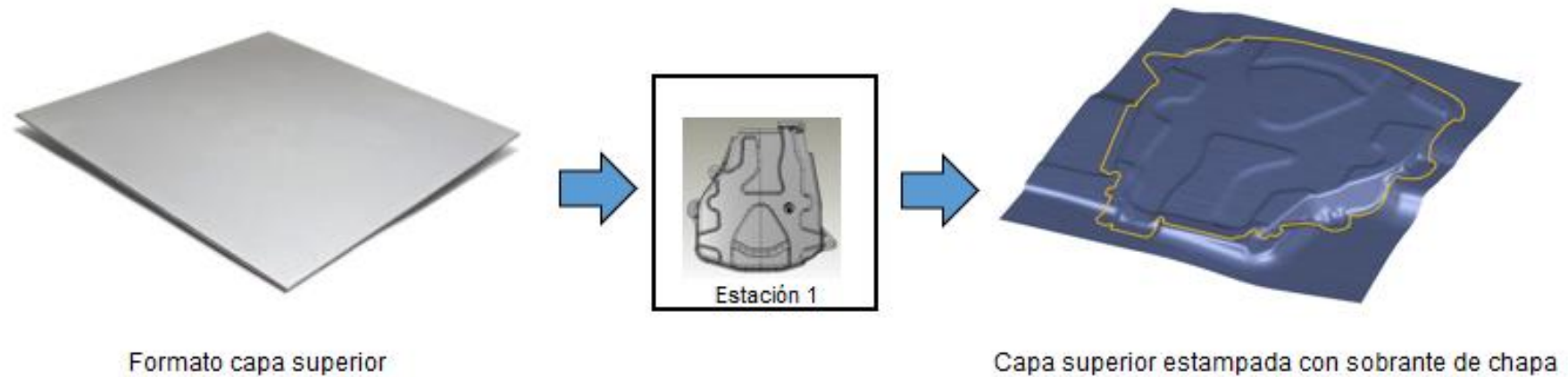
**Estación 4:** En la estación 4, colocando el conjunto de las tres capas cortadas obtenido de la estación anterior, se obtiene el conjunto con las aletas dobladas a 90°.

**Estación 5:** En la estación 5, se obtiene la pantalla con las aletas cerradas a 180°.

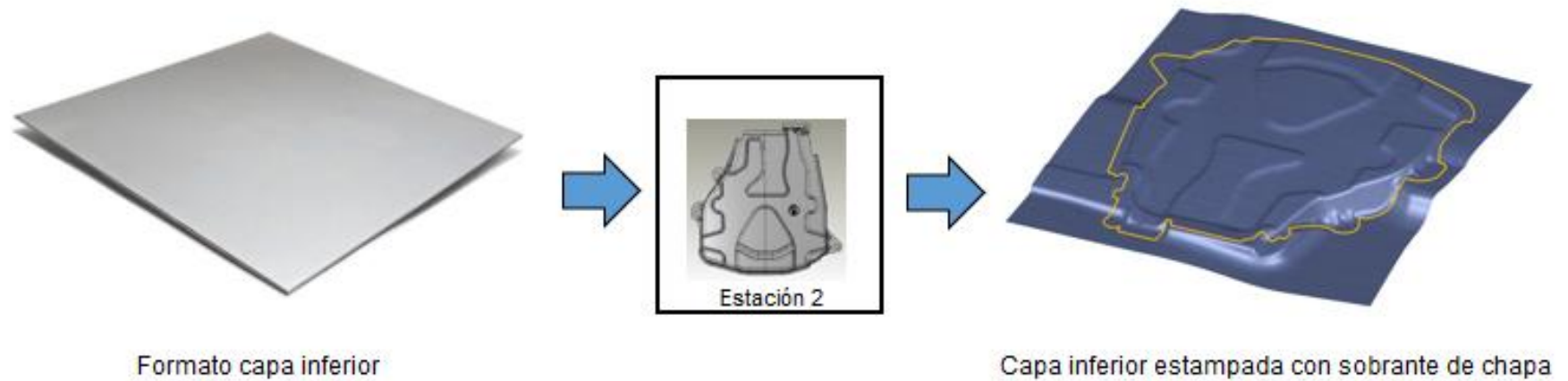
**Estación 6:** Por último, se realiza el punzonado de la pieza.

Con el siguiente diagrama, se especifica qué se hace en las diferentes operaciones. Cómo entra el producto y como sale transformado de la estación.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 94 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior*



*Imagen 95 Diagrama estación 2 - estampador capa superior + marcaje*

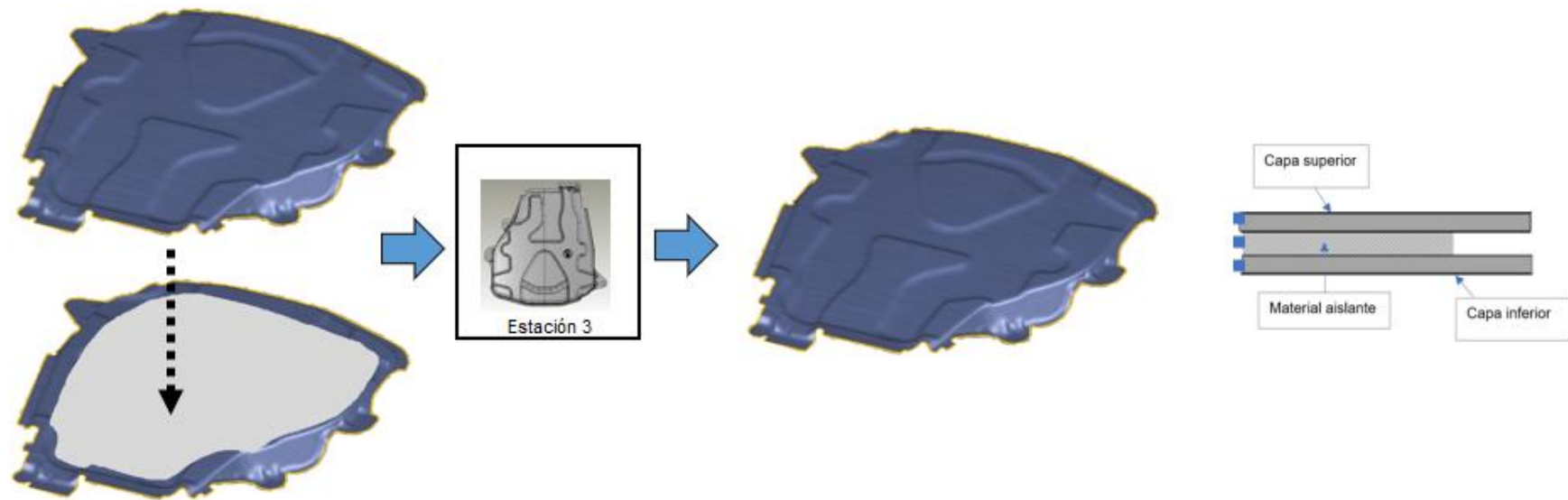


Imagen 96 Diagrama estación 3 - sandwich (juntar capas) capa inferior, material aislante y capa superior



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



Imagen 97 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90°



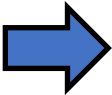

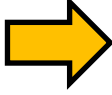



Imagen 98 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180° + punzonador



### Diagrama de flujo

En la siguiente página, se presenta el diagrama de flujo del proceso. Para su correcta explicación, se presenta una tabla a modo de leyenda.

	Operario
	Desplazamientos correspondientes al operario 1
	Secuencia de movimientos del operario 1
	Desplazamientos correspondientes al operario 2
	Secuencia de movimientos del operario 2
	Desplazamiento periódico para la comprobación del corte láser en el calibre

*Tabla 45 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de subcontratación de corte láser*

Las flechas que indican la secuencia de movimientos de cada operario están numeradas, según el orden de cada movimiento a realizar.

Con respecto al primer diagrama, en el que se muestra la primera parte en prensa con las operaciones previas y posteriores, en este caso, los operarios están rodeados de 4 contenedores adicionales, 2 por cada operario. Dos de los contenedores son para apilar las piezas estampadas de cada mano (capa superior y capa inferior) para posteriormente, cortar con la máquina láser.

Los otros dos contenedores, contienen piezas ya cortadas a láser, que, en la estación 3, juntan los dos formatos con la manta en medio para pasar a la estación 4. El fondo gris sobre el que están puestas las estaciones, corresponde al plato de prensa visto en planta, con todo el proceso montado.

En este caso, tan solo aparece un diagrama, ya que los trabajos de corte estarían externalizados.

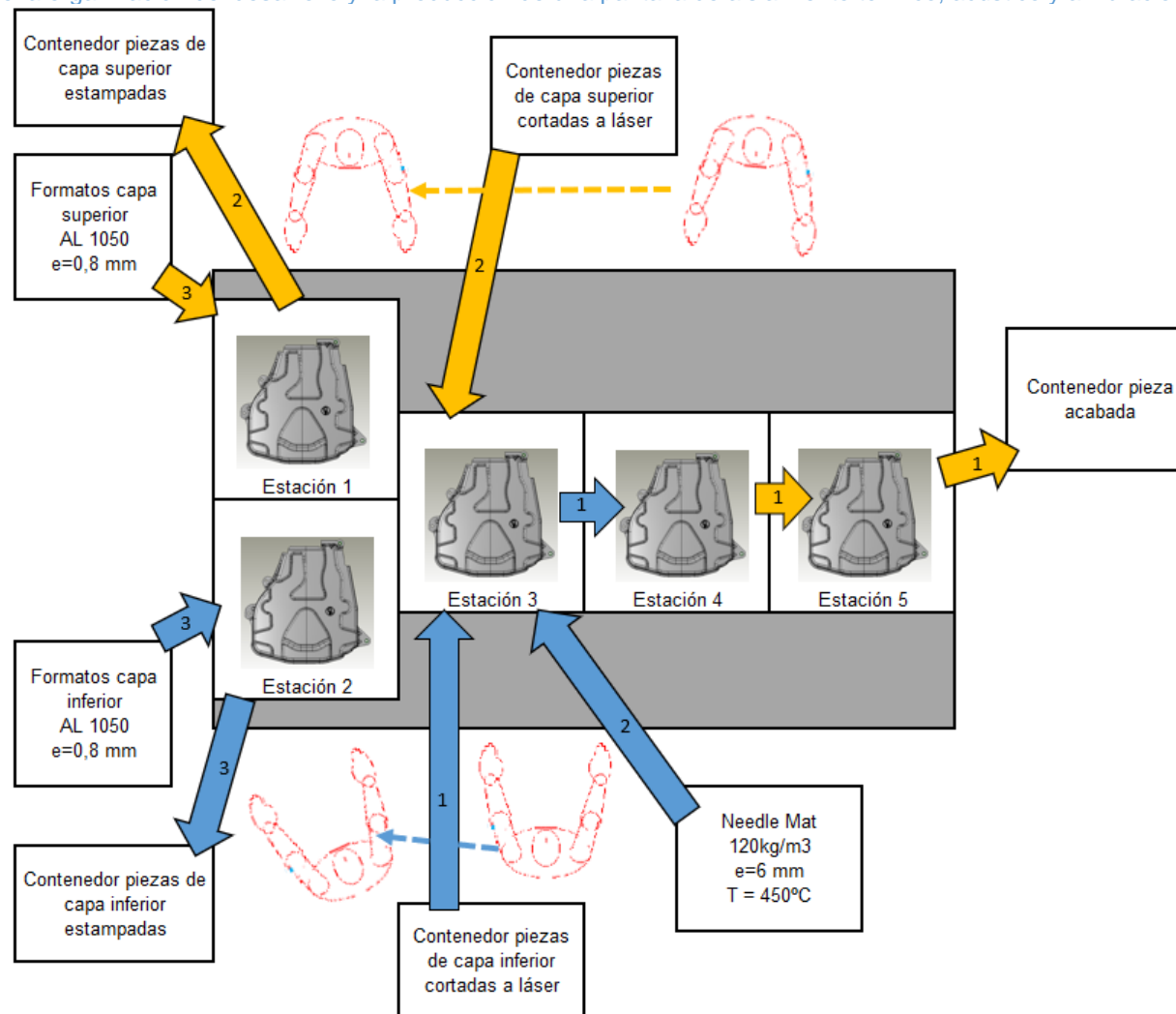


Imagen 99 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte láser subcontratado – parte matrices

### 6.3.4.7. Valoración económica

En la tabla siguiente se resume toda la inversión económica para esta opción:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h 1.050 €	19.000 €	6.000 €	26.050 €
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h 1.225 €	20.500 €	6.000 €	27.725 €
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h 1.225 €	18.000 €	6.000 €	25.225 €
Doblador de aletas a 180° + punzonar	40 h * 35 €/h 1.400 €	21.500 €	6.000 €	28.900 €
Corte láser (inversión total de la vida del producto)	-	-	NA	13.258.333 €
Posicionador complejo	-	-	NA	2.800 €
Calibre control de corte	-	-	NA	1.200 €
<b>TOTAL</b>	4.900 €	79.000 €	24.000 €	<b>13.370.333 €</b>

*Tabla 46 Resumen económico opción compra máquina de corte láser*

\* Se ha considerado el coste medio de inversión de corte láser durante toda la vida del producto.

### 6.3.4.8. Valoración de la opción

Por último, se realiza una valoración global de esta opción, considerando otros aspectos, tales como la flexibilidad o la productividad.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

	<b>Opción: Subcontratación de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte</b>
Tiempo total	28 semanas
Flexibilidad	9/10
Residuos en producción	Sobranante de chapa, aceite, pepitas (punzonado).
<b>Implicación económica total</b>	<b>13.370.333 €</b>
Tiempo de ciclo matrices	160 pcs/h
Productividad	alta

*Tabla 47 Valoración opción de adquisición de máquina de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte*

\* Para valorar la flexibilidad, se ha considerado, que, dado que se dispone de una máquina de láser, la flexibilidad es muy alta, ya que puede cortar prácticamente cualquier material y espesor, (considerando la gama de materiales y espesores empleados en la compañía). Se le ha ponderado con un 9/10, ya que, las únicas "limitaciones" son la preparación de un posicionador nuevo (dependiendo de la pieza) y modificación o creación de un programa de corte nuevo.

\* El tiempo de ciclo de las matrices se mantiene prácticamente igual que en el caso anterior, pese a haber una estación menos, debido a que hay más tiempo intermedios con los contenedores de piezas estampadas y piezas cortadas de láser. Por lo que, se ve ligeramente penalizado con respecto a la opción de únicamente un proceso de matrices.

### 6.3.5. Waterjet

El corte por chorro de agua, es también una posible opción para llevar a cabo el corte de la chapa, tanto el contorno como los taladros. En este apartado

#### 6.3.5.1. Operaciones previas y posteriores necesarias

##### Estaciones previas

La opción del corte por chorro de agua, está focalizado en el corte de la chapa. Sin embargo, de forma previa al corte de material, es necesario el conformado de la chapa. Además, una vez las chapas estén cortadas, será necesario añadirles el material aislante entre ellas y juntarlas.

El conformado de cada chapa, previo al corte, se realizará en matriz de estampación en frío bajo prensa mecánica.

##### Implicación económica

A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción de las dos primeras operaciones de estampado.

	Diseño	Construcción	<b>TOTAL</b>
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	<b>20.050 €</b>
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	<b>21.725 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.275 €	39.500 €	<b>41.775 €</b>

*Tabla 48 Resumen implicación económica para las dos primeras operaciones*

También hay que considerar la implicación económica de los mantenimientos:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	<b>TOTAL</b>
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h <b>1.050 €</b>	19.000 €	6.000 €	<b>26.050 €</b>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	20.500 €	6.000 €	<b>27.725 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.275 €	39.500 €	12.000 €	<b>53.775 €</b>

*Tabla 49 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos primeras operaciones*

### Implicación de tiempo

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1 Mes 2 Mes 3 Mes 4 Mes 5 Mes 6 Mes 7 Mes 8																																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
	ESTACIONES PREVIAS	26 sem																																		
1	Estudio implantación de la solución	1 sem																																		
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem																																		
3	Diseño matrices	2 sem																																		
4	Construcción de las matrices	13 sem																																		
5	Primeras muestras	2 sem																																		
6	Puesta a punto inicial	1 sem																																		
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem																																		
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem																																		
9	Pruebas de producción	2 sem																																		
10	Validación del proceso	1 sem																																		

*Imagen 100 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones previas*

ID	Actividad	Duración [semanas]
	<b>ESTACIONES PREVIAS</b>	<b>26 sem</b>
1	Estudio implantación de la solución	1 sem
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem
3	Diseño matrices	2 sem
4	Construcción de las matrices	13 sem
5	Primeras muestras	2 sem
6	Puesta a punto inicial	1 sem
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem
9	Pruebas de producción	2 sem
10	Validación del proceso	1 sem

*Imagen 101 Resumen de actividades de la fase con su duración*

### Estaciones posteriores

Tras realizar el corte de láser, es necesario realizar el resto de las operaciones. A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción de las últimas operaciones del proceso. Cabe destacar, que, la máquina del láser va a realizar únicamente el corte perimetral de la pieza. Los taladros deben realizarse en

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

las últimas operaciones para asegurar que no se desvían o deforman, y que en todo momento cumplen con las tolerancias requeridas.

#### Implicación económica

	Diseño	Construcción	TOTAL
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	<b>19.225 €</b>
Doblador de aletas a 180° + punzonar	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	<b>19.225 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.450 €	36.000 €	<b>38.450 €</b>

*Tabla 50 Resumen implicación económica para las últimas operaciones*

También hay que considerar la implicación económica de los mantenimientos:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h <b>1.225 €</b>	18.000 €	6.000 €	<b>25.225 €</b>
Doblador de aletas a 180° + punzonar	35 h * 35 €/h <b>1.400 €</b>	21.500 €	6.000 €	<b>28.900 €</b>
<b>TOTAL</b>	2.625 €	39.500 €	12.000 €	<b>54.125 €</b>

*Tabla 51 Resumen implicación económica para el mantenimiento de las dos operaciones posteriores*

#### Implicación de tiempo

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1		Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	ESTACIONES POSTERIORES	26 sem																																
16	Estudio implantación de la solución	1 sem																																
17	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem																																
18	Diseño matrices	2 sem																																
19	Construcción de las matrices	13 sem																																
20	Primeras muestras	2 sem																																
21	Puesta a punto inicial	1 sem																																
22	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem																																
23	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem																																
24	Pruebas de producción	2 sem																																
25	Validación del proceso	1 sem																																

*Imagen 102 Resumen diagrama de Gantt construcción estaciones posteriores*

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

ID	Actividad	Duración [semanas]
	<b>ESTACIONES PREVIAS</b>	<b>26 sem</b>
1	Estudio implantación de la solución	1 sem
2	Análisis de la información facilitada por desarrollo	1 sem
3	Diseño matrices	2 sem
4	Construcción de las matrices	13 sem
5	Primeras muestras	2 sem
6	Puesta a punto inicial	1 sem
7	Transporte matrices hasta la empresa	1 sem
8	Puesta a punto interna en la compañía	2 sem
9	Pruebas de producción	2 sem
10	Validación del proceso	1 sem

*Imagen 103 Resumen de actividades de la fase con su duración*

Nota: la fase de diseño de operaciones previas y posteriores, podría realizarse en paralelo. Con respecto a los trabajos de construcción, éstos, podrían llevarse a cabo de manera paralela salvo por las primeras muestras. Para obtener primeras muestras de las operaciones posteriores, se necesita tener las operaciones previas acabadas y operativas, o como mínimo, funcionales (que saquen primeras muestras) y la máquina de chorro de agua operativa también.

#### 6.3.5.2. Maquinaria de corte por chorro de agua

Para llevar a cabo el corte de las chapas previamente conformadas, es necesario considerar que la máquina de corte de láser debe ser capaz de cortar en 3D y no únicamente en 2D, por lo que, se requiere de un tipo de máquina concreta. La máquina deberá de cortar el contorno de la pieza, así como los taladros de la misma.

También es necesario considerar las tolerancias de la pieza: de contorno, dimensión de taladros y posición de éstos; con el fin de asegurar que la máquina de corte láser, es capaz de cumplir con los requisitos dimensionales de la pieza.

Considerando que las tolerancias son:

Contorno:	$\pm 2 \text{ mm}$
Superficie:	$\pm 2 \text{ mm}$
Dimensión taladros:	$\pm 0,5 \text{ mm}$
Posición taladros:	$\pm 1 \text{ mm}$

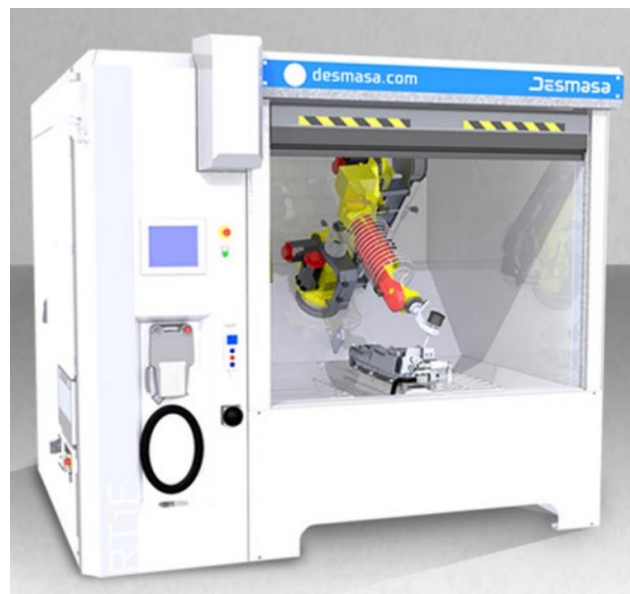


Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Algunas de las opciones que ofrece el mercado y que cumplen con los requerimientos establecidos, son:

### Opción 1

Fabricante	Modelo
Desmasa	RT1E



*Imagen 104 Máquina corte por chorro de agua 3D RT1E  
 (Fuente: <http://www.desmasa.com/corte-agua-robotizado/>)*

DATOS TÉCNICOS	RT1E
Dimensiones	
Largo [mm]	3.000
Ancho [mm]	2.000
Alto [mm]	3.500
Precisión de corte [mm]	± 0,2 mm
Velocidad de corte [mm/s]	50 mm/s
Espesor máximo de corte aproximado [mm]	250 mm

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

<b>Precio de venta [€]</b>	220.000 €
<b>Plazo de entrega</b>	20 semanas

*Tabla 52 Datos técnicos máquina corte por chorro de agua RT1E*

También se requiere de un intensificador de presión para poder garantizar que se trabaja con la óptima requerida para el corte de chapa.



*Imagen 105 Bomba de alta presión R50/4K*  
 (Fuente: <http://www.desmasa.com/corte-agua-robotizado/>)

La bomba R50/4K corresponde al modelo estándar del fabricante. Tiene un diseño ergonómico pensado para facilitar el mantenimiento de la máquina y facilitar el acceso a todos sus componentes.

El control del fluido se realiza mediante un PLC, totalmente configurable con los parámetros de trabajo deseados, en función de la actividad a desarrollar. Ofrece un control proporcional de presión electrónico, facilitando una configuración automática de la presión del fluido al aportar el dato deseado de presión de corte.

Por otro lado, la bomba RS50/4K, cumple con todas las características que aporta su homóloga R50/4K anteriormente descritas, pero, además, lleva incorporado un variador de frecuencia que incrementa la velocidad mediante el aumento del caudal suministrado, en caso de que sea necesario. Por lo que, conlleva importantes ahorros energéticos, pensando en reducir el impacto medio ambiental.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 106 Bomba de alta presión RS50/4K*  
 (Fuente: <http://www.desmasa.com/corte-aqua-robotizado/>)

Además, lleva incorporado un sistema de reducción del nivel de ruido que contribuye a un mayor confort en el entorno de trabajo.

DATOS TÉCNICOS	R50/4K		RS50/4K	
Dimensiones				
Largo [mm]	3.000		3.000	
Ancho [mm]	1.800		1.800	
Alto [mm]	2.000		2.000	
Caudal de salida máxima [l/min]	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
	3,8	4,5	3,8	4,5
Presión máxima de diseño [bar]	4.137		4.137	
Presión de trabajo [bar]	3.800		3.800	
Relación de compresión	24:1		24:1	
Precio de venta [€]	68.000 €		75.000 €	
Plazo de entrega	12 semanas		14 semanas	

*Tabla 53 Comparativa entre bomba de alta presión R50/4K y RS50/4K*

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Considerando la opción de bomba RS50/4K, la foto económica y temporal quedaría:

	<b>Máquina RT1E</b>	<b>Bomba RS50/4K</b>
Precio de venta	220.000 €	75.000 €
Precio total	295.000 €	
Plazo de entrega	20 semanas	14 semanas
Plazo total	20 semanas	

*Tabla 54 Resumen económico y de entrega de la máquina de corte por chorro de agua y la bomba de presión con el fabricante Desmasa*

## Opción 2

Fabricante	Modelo
Tci Cutting	BP-C 4020



*Imagen 107 Máquina de corte por chorro de agua 3D TCI cutting BP-C 4020 con sistema de bomba a la izquierda*

(Fuente: <https://www.tcicutting.com/maquinas-corte/maquina-corte-chorro-agua-waterjet-bp-c/>)

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>BP-C 4020</b>
Dimensiones	
Largo [mm]	4.000
Ancho [mm]	2.000

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Alto [mm]	1.800
<b>Precisión de corte [mm]</b>	$\pm 0,3$ mm
<b>Velocidad de corte [mm/s]</b>	50 mm/s
<b>Espesor máximo de corte aproximado [mm]</b>	250 mm
<b>Precio de venta [€]</b>	320.000 €
<b>Plazo de entrega</b>	22 semanas

*Tabla 55 Datos técnicos máquina corte por chorro de agua BP-C 4020*

DATOS TÉCNICOS	Bomba de presión para la máquina BP-C 4020
Dimensiones	
Largo [mm]	4.000
Ancho [mm]	2.000
Alto [mm]	1.800
Presión de trabajo [bar]	4.100
<b>Precio de venta [€]</b>	La bomba va incluida con la compra de la máquina.
<b>Plazo de entrega</b>	

*Tabla 56 Datos técnicos de la bomba de presión para la máquina BP-C 4020*

## Mantenimiento

Ambas máquinas waterjet, requerirán del mismo tipo de mantenimiento con sus respectivos costes.

Tarea	Duración	Coste horario	Coste total
<b>Tareas semanales</b>			
Sustitución boquilla	3 h	40 € (200 € boquilla)	220 €
Revisar fugas del circuito	1 h	40 €	40 €
<b>Tareas trimestrales</b>			

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Sustitución cámara de mezclado	5 h	40 € (300 € material)	500 €
<b>Tareas anuales</b>			
Revisión general de la máquina	20 h	40 €	800 €
Revisión de la bomba	8 h	40 € (3.000 € material)	3.320 €

Tabla 57 Resumen de mantenimientos de las máquinas waterjet

Como comentarios adicionales: de manera semanal (siempre y cuando la máquina haya trabajado 40 h), se requiere de cambiar la boquilla del chorro. Considerando que por la boquilla sale un chorro de agua con material abrasivo a 3 veces la velocidad de la luz, el diámetro de la boquilla va deteriorándose rápidamente.

Por otro lado, de manera trimestral, se requiere de la sustitución de la cámara de mezclado, ya que, en ella, se mezcla agua con material abrasivo a velocidades muy elevadas.

Con lo cual, el coste de los mantenimientos de la máquina de waterjet al año, es de:

$$\begin{aligned}
 &260 \frac{\text{€}}{\text{semana}} \cdot 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 13.520 \frac{\text{€}}{\text{año}} \\
 &500 \frac{\text{€}}{\text{trimestre}} \cdot 4 \frac{\text{trimestres}}{\text{año}} = 2.000 \frac{\text{€}}{\text{año}} \\
 &(800 + 3.320) \frac{\text{€}}{\text{año}} + (13.520 + 2.000) \frac{\text{€}}{\text{año}} = 19.640 \frac{\text{€}}{\text{año}}
 \end{aligned}$$

### 6.3.5.3. Equipamiento adicional necesario

Se necesita un registro en el que colocar las piezas siempre de la misma manera, para asegurar que el corte cumple con los requerimientos. El registro puede ser algo muy sencillo, con una estructura de base y unas costillas que aseguren una continuidad en la colocación del producto es suficiente. En función de lo complejo y completo que sea el soporte, se podrán garantizar mejores condiciones de tolerancias en el corte.

	<b>Precio</b> (diseño + construcción)	<b>Tolerancia en corte</b>	<b>Plazo de entrega</b>
Posicionador sencillo	850 €	± 4 mm	1 semana

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Posicionador complejo	2.800 €	$\pm 0,5$ mm	3 semanas
Calibre control de corte	1.200 €	NA	2 semanas

*Tabla 58 Resumen precios posicionador para el corte por chorro de agua en función de calidad de acabados y calibre de control de corte*

Tomando en consideración que la opción de posicionador sencillo no cumpliría con los requerimientos técnicos, la valoración económica, quedaría:

	<b>Precio</b> (diseño + construcción)	<b>Tolerancia en corte</b>	<b>Plazo de entrega</b>
Posicionador complejo	2.800 €	$\pm 0,5$ mm	3 semanas
Calibre control de corte	1.200 €	NA	2 semanas
<b>TOTAL</b>	4.000 €		3 semanas en total

*Tabla 59 Resumen precios posicionador corte por chorro de agua y calibre de control de corte*

#### 6.3.5.4. Requerimientos para la instalación en planta

Desde el punto de vista de la instalación de la máquina en la empresa, hay que tener en cuenta cuatro factores principales:

- Suministro de aire limpio: se requiere de un compresor de aire.
- Electricidad: para simplificar y tener una mayor comodidad en la instalación, toda la alimentación se toma desde un solo punto de conexión.
- Agua: evidentemente, se requiere de agua como recurso principal en este tipo de máquinas. Es suficiente con emplear agua corriente, realizando un análisis de la calidad de la misma antes de la instalación.
- Base: se requiere de una base para la máquina adecuada, ya que ésta, trabajará con la máxima precisión.

Se consideran unos costes de alrededor de 6.000 € para la instalación en planta.

### 6.3.5.5. Medioambiente

Se considera una tecnología muy limpia y respetuosa con el medio ambiente, ya que no genera residuos contaminantes.

### 6.3.5.6. Planificación. Diagrama de Gantt

A continuación, se presenta el diagrama de Gantt. Tal y como se ha avanzado anteriormente, los diseños y construcción de las operaciones previas y posteriores, se pueden realizar en paralelo. No obstante, para las primeras muestras del corte por chorro de agua, el limitante será obtener primeras muestras de las operaciones previas. Así como para las operaciones posteriores, el limitante será recibir piezas del corte por chorro de agua.

Como comentario adicional, tanto el posicionador como el calibre de control, se pueden construir en cualquier momento de la fase de construcción de la máquina de corte por waterjet, ya que únicamente dependen de cuando haya piezas disponibles de las estaciones previas para empezar a hacer pruebas. Se han colocado al límite de la recepción de primeras muestras de las estaciones previas, con el fin de evitar stock parado.

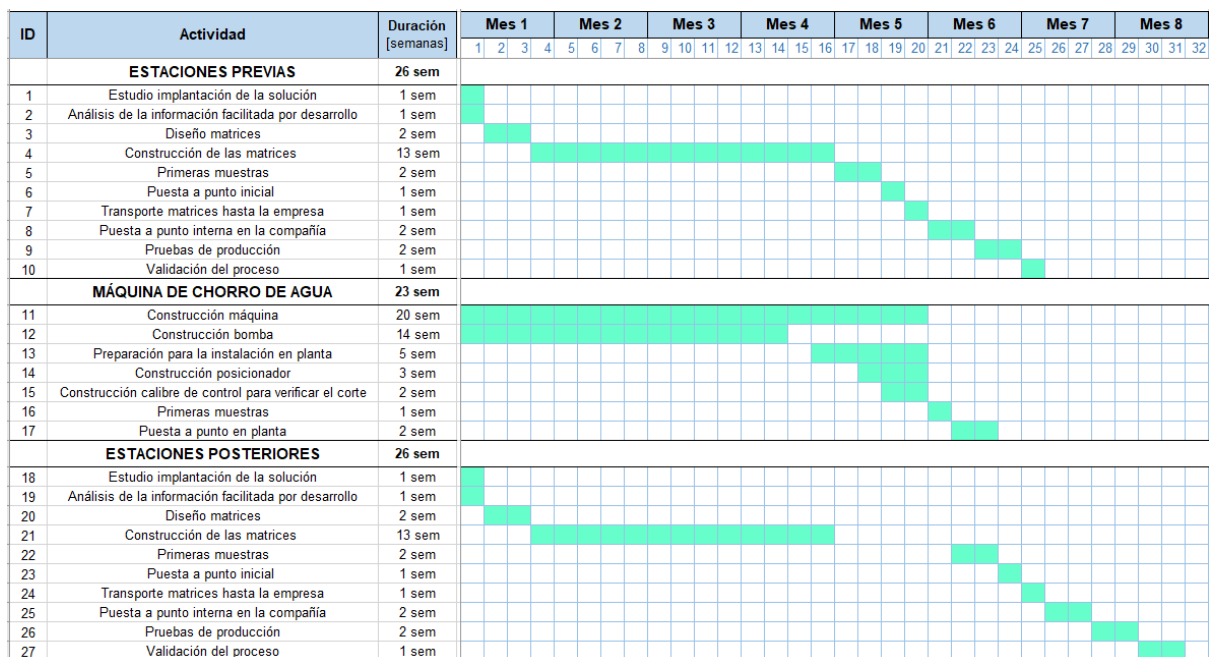


Imagen 108 Resumen diagrama de Gantt adquisición máquina de corte por chorro de agua

### 6.3.5.7. Diagrama de flujo

#### Definición de estaciones

Estación 1: Matriz de estampar capa inferior



---

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Estación 2: Matriz de estampar capa superior + marcar

Estación 3: estación intermedia para colocar pieza ya cortada del láser de la capa inferior, manta y pieza ya cortada del láser de la capa superior

Estación 4: Matriz de doblar a 90°

Estación 5: Matriz de doblar a 180° + punzonar

**Estación 1:** En esta estación se conforma la capa inferior de chapa metálica según la geometría de la pantalla.

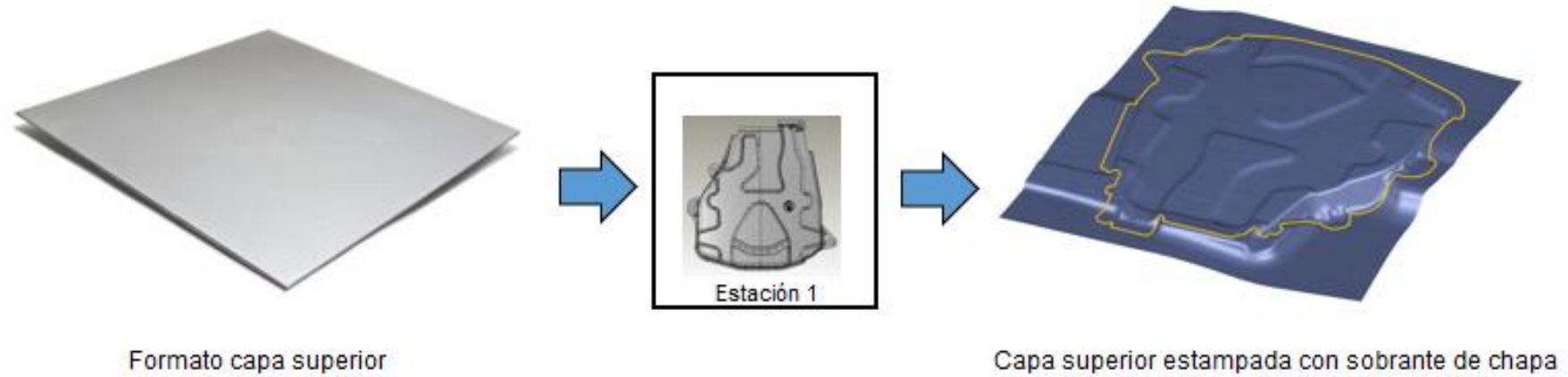
**Estación 2:** En esta estación se conforma la capa superior de chapa metálica según la geometría de la pantalla y se marca el logo de la mano (no tocar).

**Estación 3:** La estación 3 no realiza ningún cambio en el producto, simplemente, sirve de estación intermedia para juntar el sandwich o conjunto de capas de la pieza: capa inferior estampada y cortada por chorro de agua + material aislante + capa superior estampada y cortada por chorro de agua.

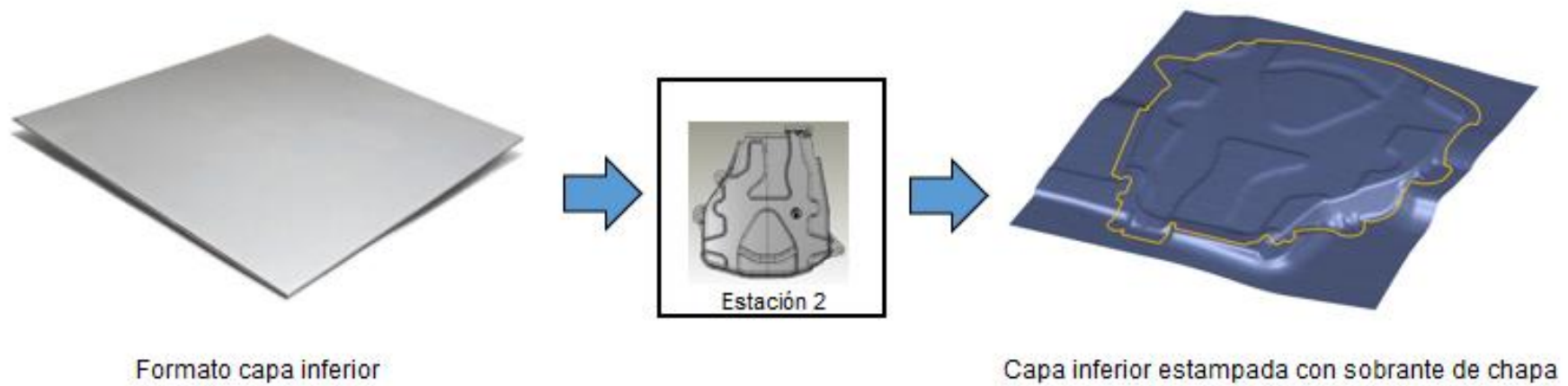
**Estación 4:** En la estación 4, colocando el conjunto de las tres capas cortadas obtenido de la estación anterior, se obtiene el conjunto con las aletas dobladas a 90°.

**Estación 5:** En la estación 5, se obtiene la pantalla con las aletas cerradas a 180° y se punzonan los agujeros correspondientes.

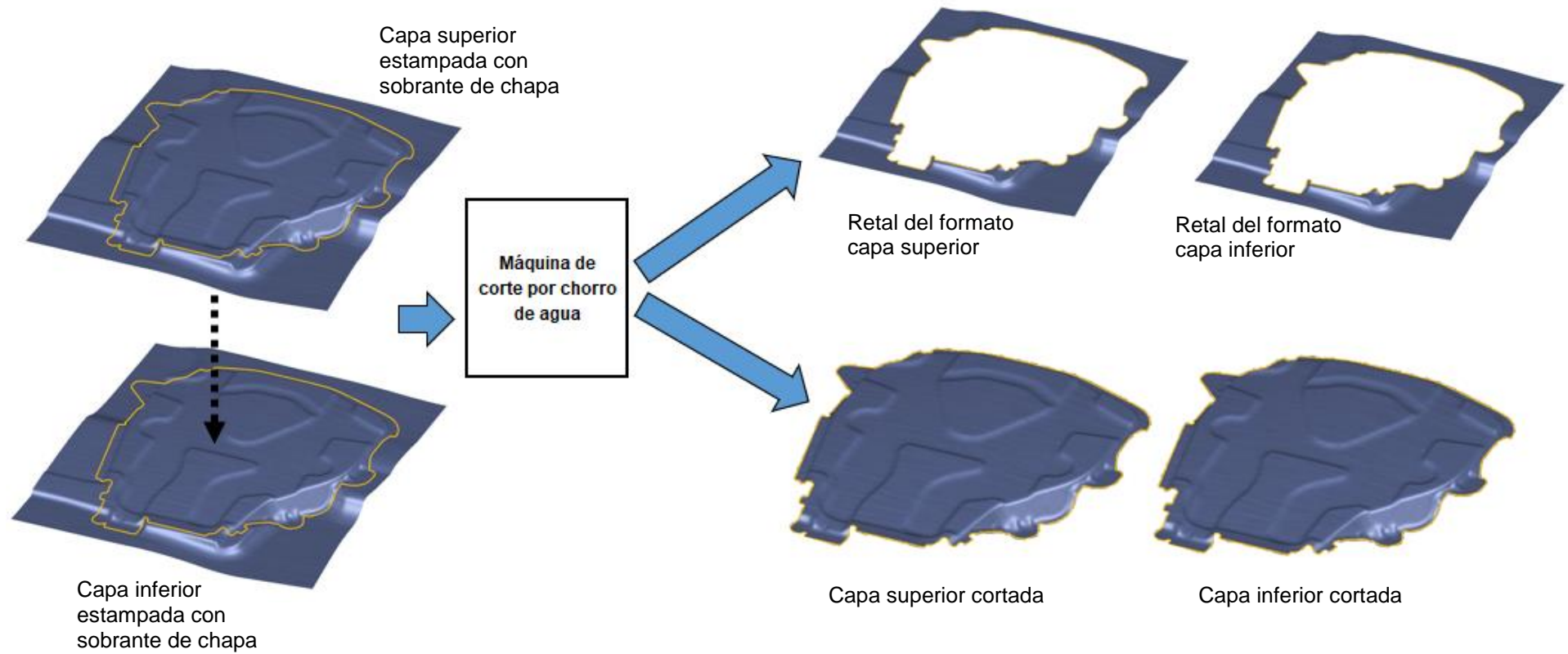
Con el siguiente diagrama, se especifica qué se hace en las diferentes operaciones. Cómo entra el producto y como sale transformado de la estación.



*Imagen 109 Diagrama estación 1 - estampador capa inferior*



*Imagen 110 Diagrama estación 2 - estampador capa superior*

*Imagen 111 Diagrama corte por chorro de agua*

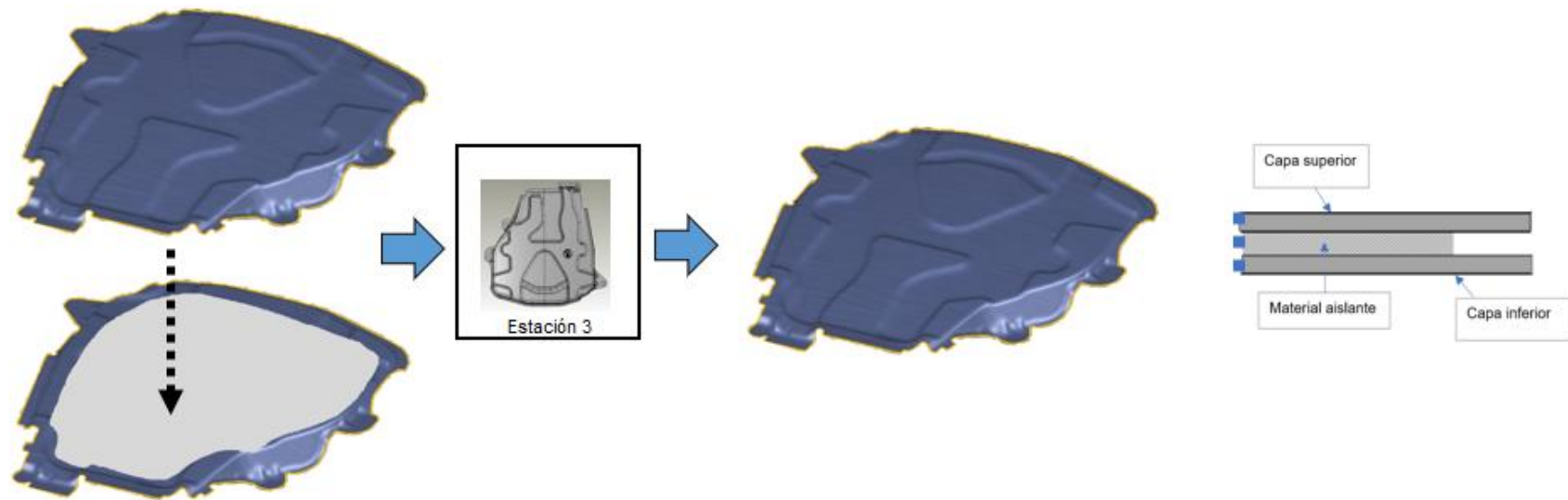


Imagen 112 Diagrama estación 3 - sandwich (juntar capas) capa inferior, material aislante y capa superior

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.





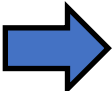

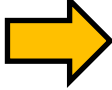

Imagen 113 Diagrama estación 4 - doblador de aletas a 90°



Imagen 114 Diagrama estación 5 - doblador de aletas a 180° + punzonar

### Diagrama de flujo

En la siguiente página, se presenta el diagrama de flujo del proceso. Para su correcta explicación, se presenta una tabla a modo de leyenda.

	Operario
	Desplazamientos correspondientes al operario 1
	Secuencia de movimientos del operario 1
	Desplazamientos correspondientes al operario 2
	Secuencia de movimientos del operario 2
	Desplazamiento periódico para la comprobación del corte láser en el calibre

*Tabla 60 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de matrices*

Las flechas que indican la secuencia de movimientos de cada operario están numeradas, según el orden de cada movimiento a realizar.

Por último, el fondo gris sobre el que están puestas las estaciones, corresponde al plato de prensa visto en planta, con todo el proceso montado.

Con respecto al primer diagrama, en el que se muestra la primera parte en prensa con las operaciones previas y posteriores, en este caso, los operarios están rodeados de 4 contenedores adicionales, 2 por cada operario. Dos de los contenedores son para apilar las piezas estampadas de cada mano (capa superior y capa inferior) para posteriormente, cortar con la máquina de chorro de agua.

Los otros dos contenedores, contienen piezas ya cortadas por el chorro de agua, que, en la estación 3, juntan los dos formatos con la manta en medio para pasar a la estación 4.

El siguiente diagrama, corresponde a la parte del corte por chorro de agua en máquina. El operario sacaría en primer lugar el conjunto de piezas ya cortadas de la máquina, sandwich de parte inferior y de parte superior, y las colocaría separadas en

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

sus contenedores correspondientes. A continuación, cogería una primera pieza estampada de la capa inferior, la colocaría encima la parte superior y colocaría ambas, en modo de sandwich, en la máquina parte el corte.

Periódicamente, se comprueba que el corte es correcto, colocando la pieza encima del calibre de control.

### Tiempo de ciclo corte por chorro de agua

Considerando que ambas máquinas tienen una velocidad de corte simultaneo de 50 mm/s, se calcula el tiempo de ciclo para la máquina. La pieza tiene un perímetro total de corte de 6.100 mm. La máquina tarda en cortar cada pieza 122 s. Sin embargo, hay que considerar un tiempo improductivo de 9 s en los que el operario coge las piezas cortadas y pone las chapas a cortar. Con lo cual, se considera un total de 131 s por pieza.

$$\frac{6.100 \text{ mm}}{50 \frac{\text{mm}}{\text{s}}} = 122 \frac{\text{s}}{\text{pieza}} + 9 \text{ s improductivos} = 131 \frac{\text{s}}{\text{pieza}}$$

$$\frac{1 \text{ pieza}}{131 \text{ s}} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 27,48 \frac{\text{piezas}}{\text{h}} \text{ --- } \rightarrow 27 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}$$

Por lo que, para realizar el corte de un lote de 3.500 piezas, se necesitará un tiempo total de: 130 horas, es decir, prácticamente 5,5 días considerando 24 horas de trabajo.

Los cálculos son considerando que se cortan a la vez los dos formatos de la pieza, dado que el corte por chorro de agua, así lo permite.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

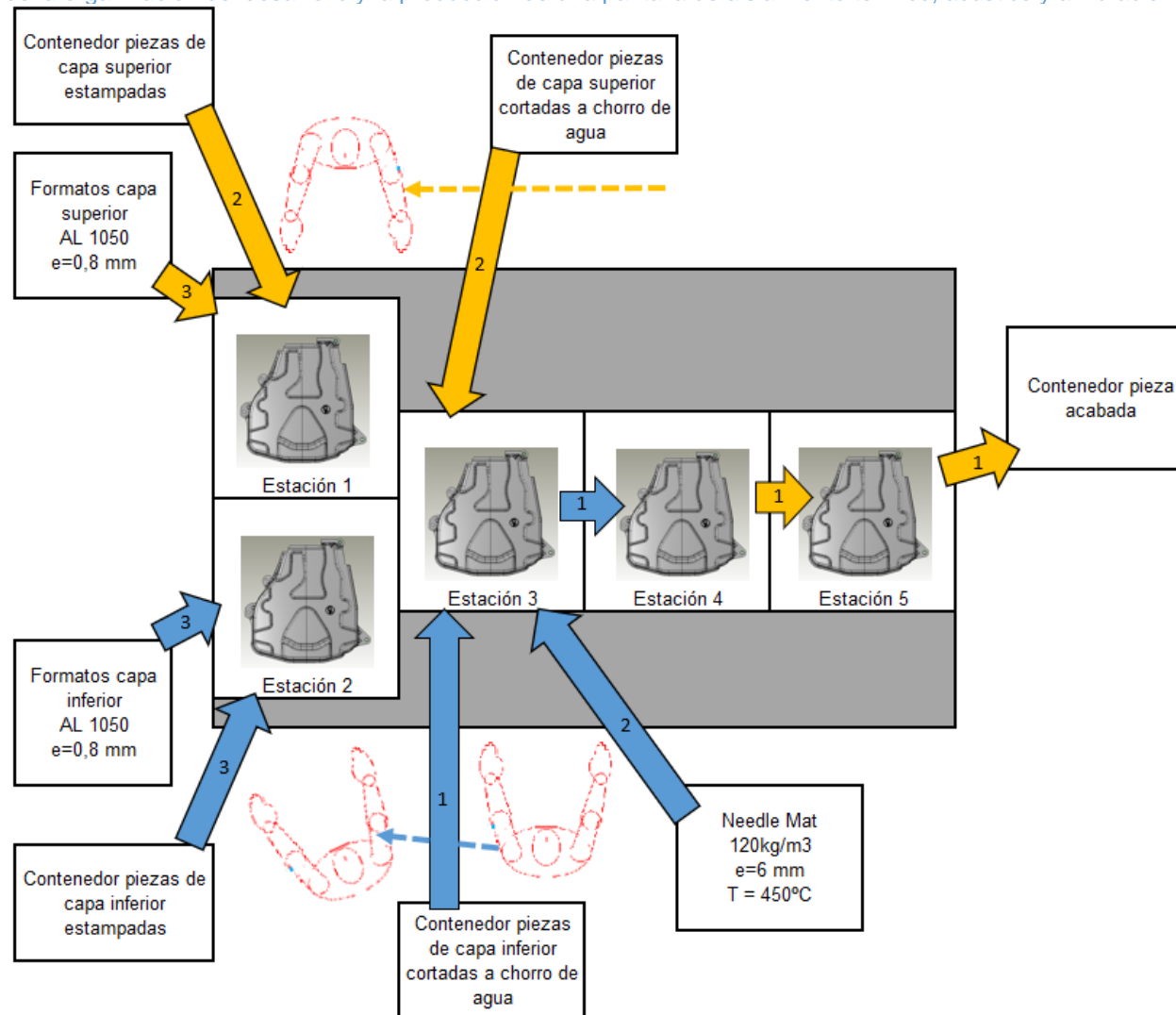


Imagen 115 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte por chorro de agua – parte matrices



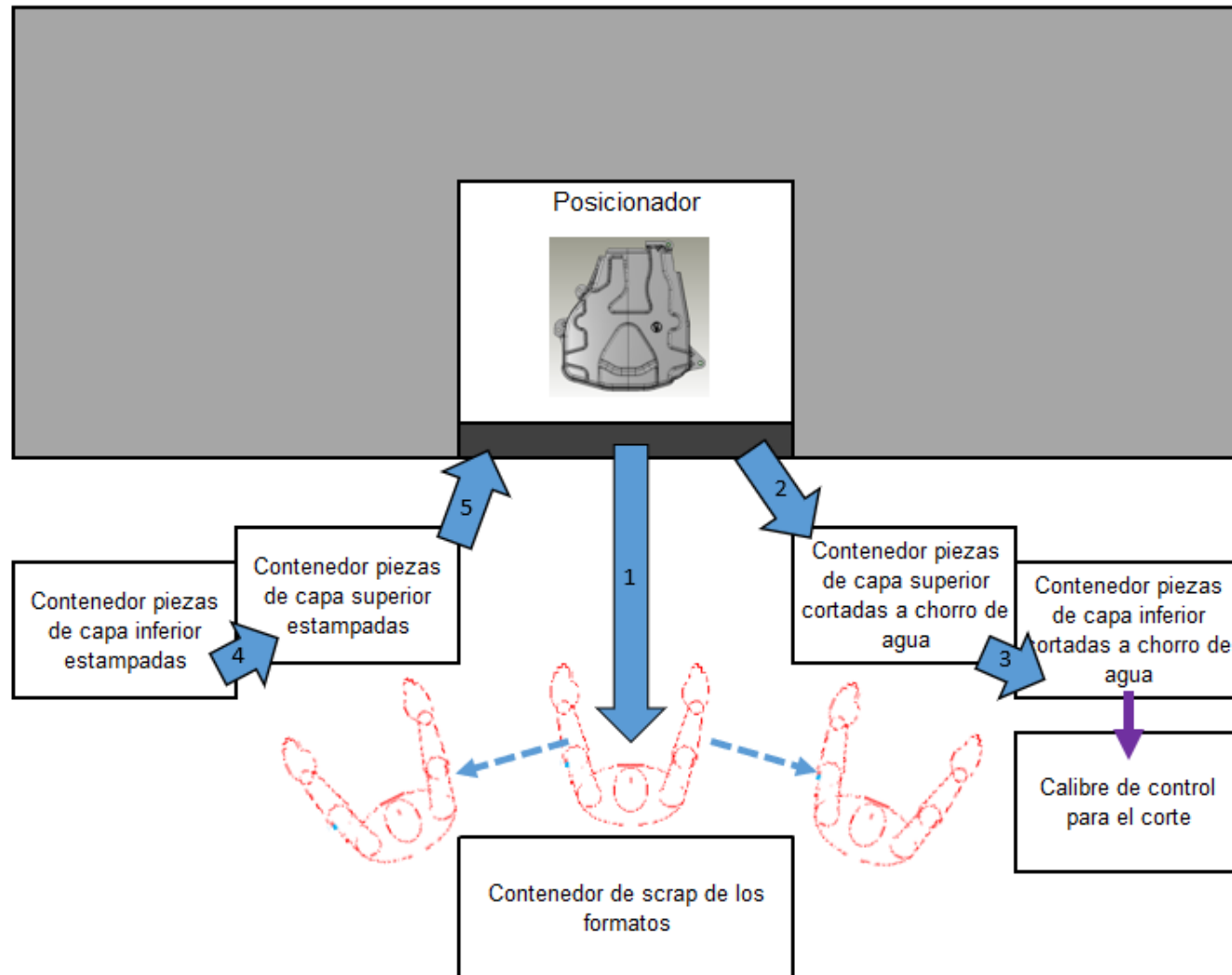


Imagen 116 Diagrama de flujo para la producción con matrices y corte por chorro de agua – parte máquina de chorro de agua

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 6.3.5.8. Valoración económica

En la tabla siguiente se resume toda la inversión económica para esta opción:

	Diseño	Construcción	Mantenimiento	TOTAL
Estampador capa inferior	30 h * 35 €/h 1.050 €	19.000 €	6.000 €	26.050 €
Estampador capa superior + marcar	35 h * 35 €/h 1.225 €	20.500 €	6.000 €	27.725 €
Doblador de aletas a 90°	35 h * 35 €/h 1.225 €	18.000 €	6.000 €	25.225 €
Doblador de aletas a 180° + punzonar	40 h * 35 €/h 1.400 €	21.500 €	6.000 €	28.900 €
Máquina corte por chorro de agua RT1E	-	220.000 €	19.640 €	314.640 €
Bomba de presión RS50/4K	-	75.000 €		
Instalación en la empresa	-	6.000 €	-	6.000 €
Posicionador complejo	-	-		2.800 €
Calibre control de corte	-	-		1.200 €
<b>TOTAL</b>	4.900 €	380.000 €	43.640 €	<b>428.540 €</b>

*Tabla 61 Resumen económico opción compra máquina de corte làser*

### 6.3.5.9. Valoración de la opción

Por último, se realiza una valoración global de esta opción, considerando otros aspectos, tales como la flexibilidad o la productividad.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

	<b>Opción: Adquisición de máquina de corte por chorro de agua y construcción estaciones previas y posteriores al corte</b>
Tiempo total	23 semanas para la entrega de la máquina 31 semanas considerando entrega de la máquina y construcción de estaciones previas y posteriores
Flexibilidad	9/10
Residuos en producción	Sobranante de chapa, aceite, pepitas (punzonado).
<b>Implicación económica total</b>	<b>428.540 €</b>
Tiempo de ciclo matrices	160 pcs/h
Tiempo de ciclo máquina waterjet	27 pcs/h
Productividad	baja

*Tabla 62 Valoración opción de adquisición de máquina de corte láser y construcción estaciones previas y posteriores al corte*

\* Para valorar la flexibilidad, se ha considerado, que, dado que se dispone de una máquina de corte por chorro de agua, la flexibilidad es muy alta, ya que puede cortar prácticamente cualquier material y espesor, (considerando la gama de materiales y espesores empleados en la compañía). Se le ha ponderado con un 9/10, ya que, las únicas "limitaciones" son la preparación de un posicionador nuevo (dependiendo de la pieza) y modificación o creación de un programa de corte nuevo.

\* El tiempo de ciclo de las matrices se mantiene prácticamente igual que en el caso anterior, pese a haber una estación menos, debido a que hay más tiempo intermedios con los contenedores de piezas estampadas y piezas cortadas de la máquina de waterjet. Es decir, se vería ligeramente penalizado con respecto a la opción inicial de producción únicamente a partir de matrices.

Pese a que el coste de adquisición e instalación es elevado, supone una tecnología muy limpia y respetuosa con el medio ambiente. Además de otorgarle una muy alta

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

flexibilidad en nuevos procesos a la empresa. Se trata también de una máquina que permite el corte en 2D y en 3D.

Con respecto al láser, independientemente de la diferencia de precio, cabe destacar que, con la máquina de corte por chorro de agua, es posible cortar más de una pieza a la vez sin ningún tipo de peligro ni problema para el material. Sin embargo, con una máquina láser, no podría realizarse un corte conjunto por el peligro de poder soldar las capas entre sí por el aporte tan alto de calor.

## 6.4. Alternativas para el montaje de los componentes

La pieza requiere del montaje de unos componentes. Para llevarlo a cabo existen diferentes opciones, tales como emplear un útil manual de montaje de componentes o una línea automatizada para su ensamblaje.

Sin embargo, en primer lugar, se requiere de seleccionar los componentes que mejor se adapten al cumplimiento de los requerimientos establecidos.

### 6.4.1. Tipos de componentes

Según las indicaciones de cliente, la pantalla debe de llevar incorporados 4 componentes para facilitar el ensamblaje final en el motor del vehículo. Dichos componentes corresponden a un sistema de arandela y macho, a continuación, se presenta un resumen de alternativas de acuerdo con los requerimientos:

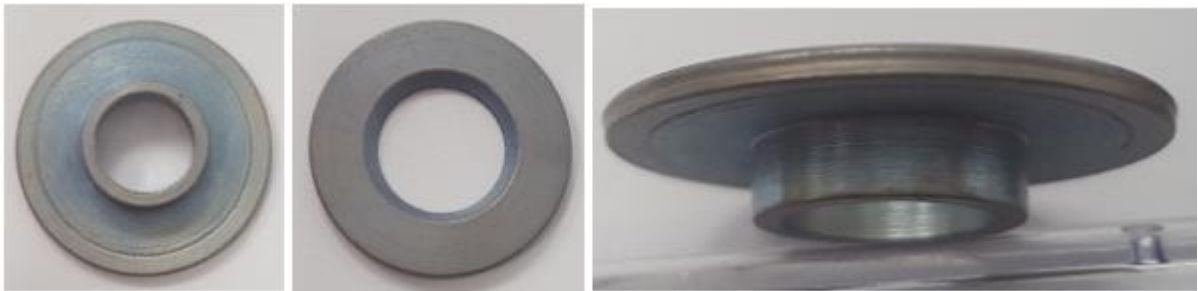
#### 6.4.1.1. Componentes opción 1

Una de las opciones, sería un sistema de arandela y macho sueltos, con diferentes opciones de geometría, como se muestra a continuación:



*Imagen 117 Componentes opción 1-A*

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 118 Componentes opción 1-B*

#### 6.4.1.2. Componentes opción 2

Otra opción sería incorporar este tipo de arandela en lugar de las superiores planas, la cual, aporta grandes capacidades a compresión.



*Imagen 119 Componentes opción 2 (spring washer)*

(Fuente: [https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical\\_components/springs/washer\\_springs](https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical_components/springs/washer_springs))

#### 6.4.1.3. Componentes opción 3

Por último, está la opción de emplear uno de los sistemas de la opción 1, pero añadiendo unas arandelas adicionales de malla de acero inoxidable a modo de amortiguación.



*Imagen 120 Componentes opción 3 Arandelas de malla de acero inoxidable (wire mesh washers)*

(Fuente: <https://hollandshielding.com/Knitted-wire-mesh-washers-disks>)

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

La configuración, quedaría de acuerdo con la imagen siguiente:



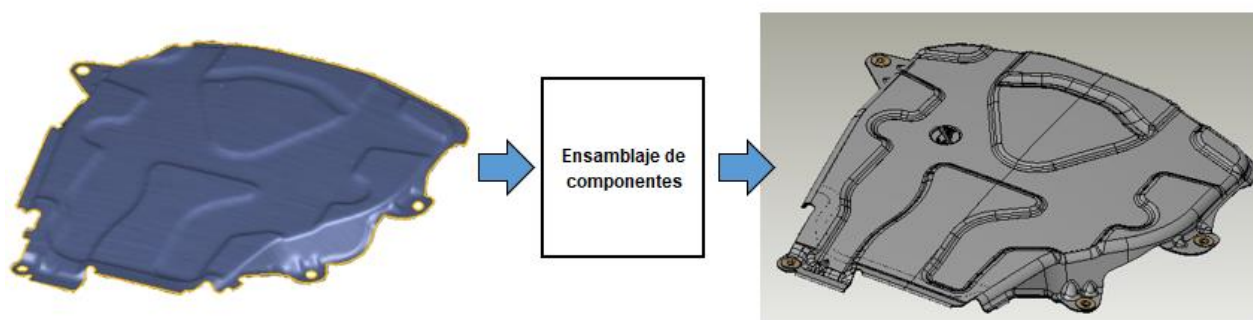
*Imagen 121 Arandelas de malla de acero inoxidable combinadas con otros Componentes*  
(Fuente: <https://www.knittedwiremesh.net/knitted-mesh/compressed-knitted-mesh-gasket.html>)

#### 6.4.1.4. Comparativa de componentes

En la siguiente tabla, aparecen las características principales de las tres alternativas anteriormente expuestas, además de la correspondiente valoración económica considerando las cantidades totales de la vida del proyecto para conseguir un precio competitivo:

	<b>Opción 1 Macho + Arandela</b>	<b>Opción 2 Spring washer</b>	<b>Opción 3 Opc.1 + 2 wire mesh</b>
			
Coste unitario por conjunto [€]	0,08 €	0,09 €	0,15 €
Lote mínimo [unidades]	1.000	1.000	500
Plazo de entrega habitual	1 semana	1 semana	2 semanas
Amortiguación	NO	NO	SÍ
Silenciador	NO	NO	SÍ

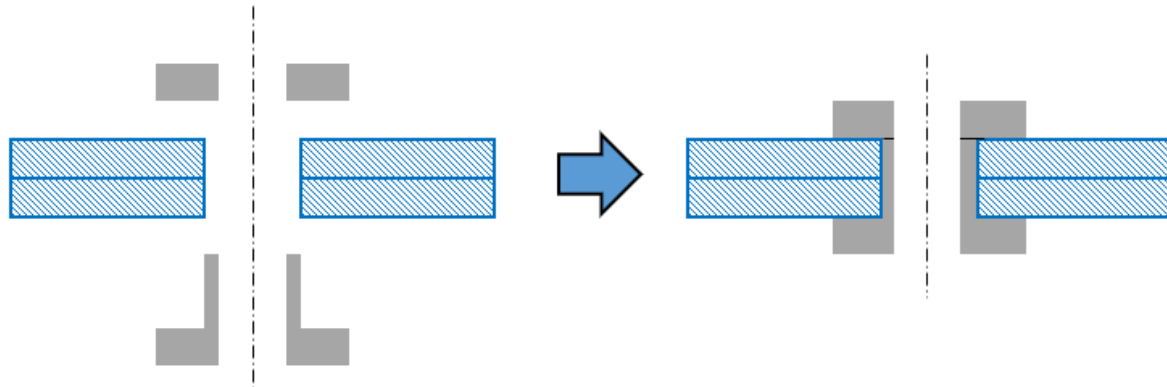
*Tabla 63 Resumen comparativa componentes de fijación*



*Imagen 122 Diagrama ensamblaje de componentes*



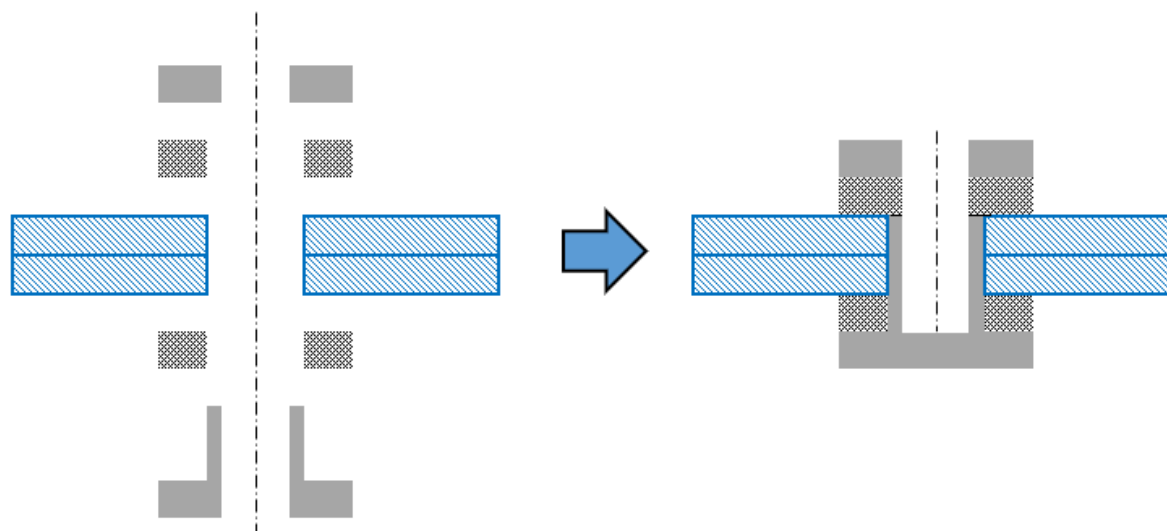
### Opción 1 y 2



*Imagen 123 Sistema de montaje componente opción 1 y 2*

La primera imagen corresponde a cómo se montarían los componentes de las opciones 1 y 2, y la segunda, de cómo quedarían montados. Las partes en azul simbolizan las dos capas metálicas de la pieza. El material aislante está posicionado en medio de la pantalla, por lo que, en los extremos y en las “patas” (donde están los taladros y hay que montar los componentes) no hay gap entre las capas metálicas ni material aislante entre ellas.

### Opción 3



*Imagen 124 Sistema de montaje componente opción 3*

La imagen de la izquierda corresponde a cómo se montarían los componentes de la opción 3, y la de la derecha, de cómo quedarían montados. Las partes en azul simbolizan las dos capas metálicas de la pieza. El material aislante está posicionado en medio de la pantalla, por lo que, en los extremos y en las “patas” (donde están los taladros y hay que montar los componentes) no hay gap entre las capas metálicas ni material aislante entre ellas.



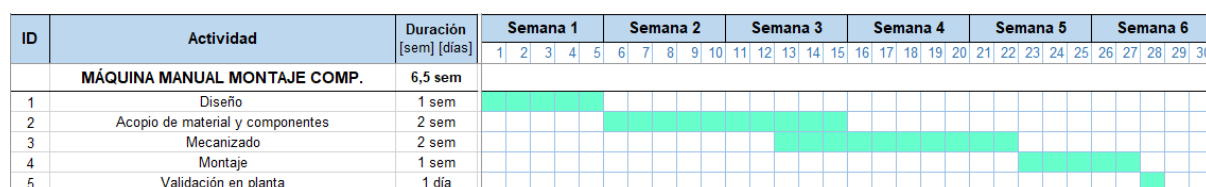
Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 6.4.2. Útil manual de montaje de componentes

Se puede construir un pequeño útil donde posicionar la pieza siempre de la misma manera con un registro, y bajo una pequeña prensa, realizar el montaje de los componentes. El procedimiento de uso sería el siguiente: se colocarían los componentes en el registro, a continuación, la pieza, seguidamente la otra parte de los componentes y, finalmente, se cerraría el registro y se bajaría la prensa para la correcta colocación.

#### 6.4.2.1. Planificación. Diagrama de Gantt

Las actividades necesarias para desarrollar la opción, así como sus respectivas duraciones, quedan reflejadas en el siguiente diagrama:



*Imagen 125 Resumen diagrama de Gantt construcción útil manual montaje de componentes*

#### 6.4.2.2. Valoración económica

A continuación, se presenta la valoración económica:

	Construcción calibre de control
Diseño	1.000 €
Acopio de material y componentes normalizados	2.500 €
Mecanizado	2.800 €
Montaje	900 €
<b>TOTAL</b>	<b>7.200 €</b>

*Tabla 64 Resumen implicación económica para la construcción de un útil manual de montaje de componentes*

### 6.4.2.3. Valoración de la opción

Se presenta una valoración de la opción:

	<b>Opción: Construcción de un calibre de control</b>
Tiempo total	6,5 semanas
Flexibilidad	3/10
Residuos en producción	-
Tiempo de ciclo	100 pcs/h
<b>Implicación económica total</b>	<b>7.200 €</b>

*Tabla 65 Valoración opción útil manual de montaje de componentes*

\* Los residuos en producción hacen referencia a los residuos propios del uso del útil manual de montaje de componentes. No de los residuos correspondientes de la fase de construcción.

\* La flexibilidad se ha valorado considerando que, en caso de que la pantalla sufre cambios de geometría, superficie, contorno o espesor, implicará modificar el útil en consecuencia, con el correspondiente coste económico e impacto de tiempo. Por lo que, tiene una muy baja flexibilidad con respecto a otros procesos.

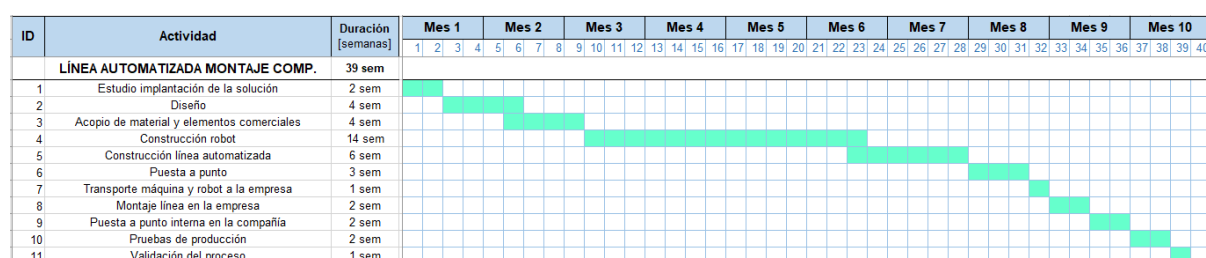
Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 6.4.3. Línea automatizada

Para llevar a cabo el montaje de los componentes en la pantalla, también existe la opción de invertir en una línea automatizada para su ensamblaje.

#### 6.4.3.1. Planificación. Diagrama de Gantt

Las actividades necesarias para desarrollar la opción, así como sus respectivas duraciones, quedan reflejadas en el siguiente diagrama:



*Imagen 126 Resumen diagrama de Gantt construcción línea automatizada montaje de Componentes*

#### 6.4.3.2. Valoración económica

A continuación, se presenta la valoración económica:

	Construcción calibre de control
Diseño	3.500 €
Acopio de material y componentes normalizados	17.500 €
Robot	120.000 €
Construcción línea	7.800 €
Montaje en planta	4.500 €
Puesta a punto	3.000 €
<b>TOTAL</b>	<b>156.300 €</b>

*Tabla 66 Resumen implicación económica para la construcción línea automatizada montaje de componentes*

**6.4.3.3. Valoración de la opción**

La valoración de la opción queda de la siguiente manera:

	<b>Opción: Construcción de un calibre de control</b>
Tiempo total	39 semanas
Flexibilidad	7/10
Residuos en producción	-
Tiempo de ciclo	550 pcs/h
<b>Implicación económica total</b>	<b>156.300 €</b>

*Tabla 67 Valoración opción línea automática de montaje de componentes*

\* Los residuos en producción hacen referencia a los residuos propios del uso la línea automática de montaje de componentes. No de los residuos correspondientes de la fase de construcción.

\* La flexibilidad se ha valorado considerando que, en caso de que la pantalla sufre cambios de geometría, superficie, contorno o espesor, implicará modificar una parte de la máquina, la del registro de pieza, así como el programa y parámetros del robot.

## 6.5. Exposición de alternativas y posibles soluciones para los sistemas de comprobación durante la producción. Control de calidad

Es necesario realizar comprobaciones durante el desarrollo de la producción, con el fin de garantizar que el 100% de las piezas cumplen con los requerimientos técnicos necesarios y especificados por cliente.

### 6.5.1. Sistema de comprobación mediante calibre de control

Actualmente, en la compañía, el método de revisión del producto durante la producción, es empleando un calibre de control. Se basa, como se ha expuesto con anterioridad, en un registro de pieza en el que colocando y fijando la pieza correctamente, permite un chequeo visual de la misma.

#### 6.5.1.1. Fase de diseño

Con el fin de llevar a cabo la construcción del calibre, es necesaria la preparación de las especificaciones técnicas con las que éste debe cumplir. Las características que deben de quedar definidas en el documento, son:

- Material del calibre.  
La elección del material debe garantizar que no sufrirá deformaciones por cambios de temperatura, lo suficientemente relevantes, como para que pueda afectarnos en la medición de piezas. Además, debe garantizar que es posible alcanzar las tolerancias de mecanizado establecidas. Las tolerancias de mecanizado, por norma generalmente corresponden a una décima parte de la tolerancia de la pieza.
- Offset con el que mecanizarlo.
- Tolerancia de contorno.
- Tolerancia dimensión y posición de los taladros.
- Regatas para mecanizar (anchura, RAL) las líneas de contorno.
- Cantidad de manetas y en qué localización.
- Cantidad de pasadores, código, especificaciones.

En primer lugar, se lleva a cabo el diseño en 3D del calibre de control para que cumpla con todos los requerimientos.

Una vez se valida y libera la propuesta de diseño, se inicia la construcción.

## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 6.5.1.2. Construcción y planificación

En la fase de construcción aparecen los siguientes hitos principales:

- Fase de diseño.
- Acopio de material y componentes normalizados (casquillos, pasadores, manetas, etc.)
- Fase de mecanizado.
- Montaje.
- Validación (informe dimensional).

### Diagrama de Gantt

ID	Actividad	Duración [sem] [días]	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 5				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	<b>CONSTRUCCIÓN CALIBRE DE CONTROL</b>	<b>4 sem</b>																									
1	Diseño	1 sem																									
2	Acopio de material y componentes normalizados	1 sem																									
3	Mecanizado	2 sem																									
4	Montaje	2 días																									
5	Medición. Informe dimensional	1 día																									
6	Validación en planta	1 día																									

Imagen 127 Resumen diagrama de Gantt construcción calibre de control

### 6.5.1.3. Valoración económica

A continuación, se presenta la valoración económica para el diseño y construcción del calibre de control.

	Construcción calibre de control
Diseño	280 €
Acopio de material y componentes normalizados	950 €
Mecanizado	2.820 €
Montaje	150 €
Informe dimensional	300 €
<b>TOTAL</b>	<b>4.500 €</b>

Tabla 68 Resumen implicación económica para la construcción del calibre de control

#### 6.5.1.4. Valoración de la opción

A continuación, se presenta una tabla de valoración de esta posible solución, en línea de lo que la empresa aplica de manera conservadora para todos los productos. En ella se valora el factor económico, de tiempo, la capacidad de revisión o comprobación del producto en la línea de producción..., y también su flexibilidad.

	<b>Opción: Construcción de un calibre de control</b>
Tiempo total	4 semanas
Flexibilidad	3/10
Residuos en producción	-
<b>Implicación económica total</b>	<b>4.500 €</b>

*Tabla 69 Valoración opción de matrices como proceso de fabricación*

\* Los residuos en producción hacen referencia a los residuos propios del uso del calibre de control en producción. No de los residuos correspondientes de la fase de construcción.

\* Para valorar la flexibilidad, se ha considerado, que, el proceso únicamente será válido para algún pequeño cambio de espesor de la chapa. Si la pantalla cambiara de geometría o contorno; se requeriría de adaptar el calibre de control de acuerdo con las nuevas condiciones de la pantalla, con el correspondiente coste económico e impacto de tiempo. Por lo que, tiene una muy baja flexibilidad con respecto a otros procesos.

#### 6.5.2. Sistema de comprobación de las características de aislamiento térmico

Como se ha expuesto con anterioridad, una vez se han validado las piezas en la fase inicial del proyecto, no se vuelven a validar a nivel de capacidades de aislamiento térmico. Únicamente se vuelven a revisar, en caso de recibir una reclamación por parte de cliente.

Por lo que, en la actualidad, no se puede garantizar que el 100% de productos entregados cumplan con los requisitos de aislamiento térmicos.

### 6.5.2.1. Fase de diseño

En primer lugar, se debe de diseñar este sistema. Deberá de poder estar en la línea de producción con el fin de realizar un chequeo rápido de las piezas producidas.

El concepto es relativamente básico, se deberá de tener una fuente de calor que cumpla con los mismos parámetros térmicos que la fuente de calor del motor (en este caso). Será necesario tener un pequeño registro que permita colocar la pieza en las mismas condiciones de posición con respecto a la fuente y que simule las condiciones de montaje (distancia de la fuente de calor).

Mediante una sonda y un ordenador, se podrá realizar una medición rápida de cada producto, permitiendo además conseguir una trazabilidad de cada pantalla, pudiendo así garantizar los requerimientos térmicos en el 100% de la producción.

### 6.5.2.2. Riesgos laborales

El personal deberá de estar debidamente formado y equipado con los EPI's necesarios con el fin de evitar ningún tipo de contacto con la fuente de calor y evitar quemaduras.

Guantes anti-quemaduras	
Manguitos	

*Tabla 70 Resumen de EPIs necesarios*  
 (Fuente imágenes: <https://www.google.es/>)



### 6.5.2.3. Valoración económica

En la siguiente tabla, se resume la inversión económica para llevar a cabo esta alternativa:

	Construcción sistema de control para la verificación de los requisitos térmicos
Diseño	150 €
Pantalla (foco caliente)	2.100 €
Sonda	200 €
Posicionador	300 €
Software y pc	1.000 €
EPIs	50 €
<b>TOTAL</b>	<b>3.800 €</b>

*Tabla 71 Resumen implicación económica para la construcción de un sistema de control para la verificación de los requisitos térmicos*

### 6.5.2.4. Valoración de la opción

A continuación, se presenta una tabla de valoración de esta posible solución. En ella se valora el factor económico, de tiempo, la capacidad de revisión o comprobación del producto en la línea de producción...

	<b>Opción: Construcción de un sistema de control para la verificación de los requisitos térmicos</b>
Tiempo total	4 semanas
Flexibilidad	3/10
Residuos en producción	-

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

<b>Implicación económica total</b>	<b>3.800 €</b>
------------------------------------	----------------

*Tabla 72 Valoración opción de matrices como proceso de fabricación*

\* Los residuos en producción hacen referencia a los residuos propios del uso del calibre de control en producción. No de los residuos correspondientes de la fase de construcción.

\* Para valorar la flexibilidad, se ha considerado, que, si la pantalla cambiara mucho, se necesitaría otro registro en el que posicionar la pieza. Además, el montaje simula las condiciones de ensamblado de la pantalla. Por otro lado, la pantalla podría regularse la temperatura de acuerdo con el rango de temperaturas de sus especificaciones.

## 7. Elección de alternativas



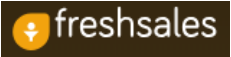















### 7.1. Organización

A continuación, se presentan las elecciones y/o métodos de toma de decisión para seleccionar las alternativas y soluciones a desarrollar en el siguiente apartado.

#### 7.1.1. Sistemas TIC

Los sistemas TIC propuestos, son básicamente un sistema CRM y un sistema ERP.

##### 7.1.1.1. CRM

CRM	Utilización	Email Marketing	Integración chat interno	Gestión del liderazgo	Precio aprox. [€] / usuario y mes	Factura.
			X	X	12,5	Mensual
		X	X	X	16	Anual
		X	X	X	33	Anual
		X	X	X	20	Anual
		X	X	X	25	Anual
		X	X	X	13	Anual
		X	X	X	20	Mensual
		X	X	X	35	Mensual
					12,5	Mensual

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

 FORCEMANAGER.			X	X	16	Anual
---	---	--	---	---	----	-------

Tabla 73 Resumen de los 10 CRM mejor considerados

\* La columna Factura. Hace referencia a la frecuencia de facturación

Se requiere de dos semanas para la implantación de un CRM.

Para decidir cuál es el CRM que mejor encajaría con las necesidades de la empresa, se aplica el método de decisión VTP.

### Método de decisión VTP

Con el fin de escoger el mejor CRM, se ha aplicado el método de selección de VTP. Para ello se establecen como criterios los siguientes: Utilización, email marketing, precio aproximado mensual por usuario y tipo de facturación. De manera que los proveedores que no disponen de alguno de los servicios, se han obviado.

Como se observaba en la tabla siguiente, los criterios de Utilización y de Facturación, se han modificado de modo que sean valores numéricos y se pueda operar correctamente con ellos. El criterio que se ha aplicado, es en base a los intereses de la empresa.


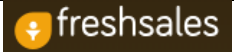






CRM	Utilización	Email Marketing	Precio aprox. [€] / usuario y mes	Facturación
	0,67	0	12,5	12
	0,67	1	16	1
	1	1	33	1
	0,67	1	20	1
	0,67	1	25	12
	1	1	13	12
	0,67	1	20	1
	1	0	35	1

Tabla 74 VTP 1

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Una vez definidos los criterios anteriores, se decide si se deben considerar a maximizar o a minimizar; en función de los intereses de la empresa:

$$\text{Minimizar: } \frac{V_{\max} - V}{V_{\max} - V_{\min}} \quad \text{Maximizar: } \frac{V - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}$$

Una vez calculados, se presenta la siguiente tabla con los valores normalizados.


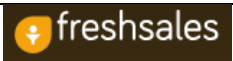






CRM	Utilización	Email Marketing	Precio aprox. [€] / usuario y mes	Facturación
	1	1	5	5
	1	5	4,36	1
	5	5	1,36	1
	1	5	3,68	1
	1	5	2,76	5
	5	5	4,92	5
	1	5	3,68	1
	5	1	1	1

Tabla 75 VTP valores normalizados

Por último, se presentan los pesos otorgados a cada criterio en función de su importancia y la tabla final de cálculos, en la que se calcula la mejor opción por VTP:

	Criterio	Peso G
C1	Utilización	25
C2	Email de marketing	15

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

<b>C3</b>	Precio aproximado	30
<b>C4</b>	Facturación	30

*Tabla 76 VTP criterios y pesos*

$$VTP = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \times g_i}{p_{\max} \times \sum_{i=1}^n g_i}$$

Criterios	Peso	p	P x G	p	P x G	p	P x G	p	P x G	p	P x G	p	P x G	p	P x G	p	P x G
C1	25	1	25	1	25	5	125	1	25	1	25	5	125	1	25	5	125
C2	15	1	15	5	75	5	75	5	75	5	75	5	75	5	75	1	15
C3	30	5	150	4,36	130,8	1,36	40,8	3,68	110,4	2,76	82,8	4,92	147,6	3,68	110,4	1	30
C4	30	5	150	1	30	1	30	1	30	5	150	5	150	1	30	1	30
<b>Suma pesos</b>	100		340		260,8		270,8		240,4		332,8		497,6		240,4		200
<b>VTP</b>			<b>0,68</b>		<b>0,52</b>		<b>0,54</b>		<b>0,48</b>		<b>0,66</b>		<b>0,99</b>		<b>0,48</b>		<b>0,4</b>

Tabla 77 VTP resumen de resultados

Finalmente, según el método de selección de alternativas de VTP a partir de unos criterios y sus pesos indicados en base a los intereses de la empresa, la opción de CRM que más se amolda a nuestras necesidades es el:



Imagen 128 logo del CRM amoCRM  
(Fuente: <https://www.amocrm.com/es/>)

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### Planificación.

El sistema puede estar implantado en 1 semana.

### Resumen económico

El coste que tiene el CRM es:

$$\frac{13 \text{ €}}{\text{usuario y mes}} \cdot 12 \text{ meses} \cdot 15 \text{ usuarios} = 2.340 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

#### 7.1.1.2. ERP

Los sistemas ERP valorados son:

	<b>SAP</b>	<b>Oracle EBS</b>	<b>Microsoft Dynamics</b>
Coste implantación	350.000 €	290.000 €	270.000 €
Coste licencia anual	1.800 €	1.700 €	1.600 €
Coste total licencias	27.000 €	25.500 €	24.000 €
Coste total el año de la implantación	377.000 €	315.500 €	294.000 €

*Tabla 78 Resumen implicación económica ERP*

El sistema de Oracle, permite incorporar a su vez, un CRM:

	<b>Oracle EBS</b>
Coste implantación ERP	290.000 €
Coste implantación CRM	4.000 €
Coste licencia anual	1.800 €
Coste total licencias	27.000 €
Coste total el año de la implantación	322.800 €

*Tabla 79 Resumen implicación económica ERP Oracle con integración de CRM*



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

El sistema ERP que se va a emplear será el de Oracle, sin la integración del CRM, ya que se va a implantar el CRM de amoCRM, como se ha indicado en el apartado anterior.

## 7.2. Desarrollo

### 7.2.1. Mejoras organizativas e implantación de softwares de simulación

Con respecto a desarrollo, se ha decidido implantar los softwares de simulación, que optimizaran el trabajo del departamento. Los softwares que se implantarán son: Autoform, Ansa, Abaqus, TAI y Simam.

## 7.3. Producción

### 7.3.1. Estaciones de conformado de chapa

Tal y como se ha expuesto con anterioridad, se requieren de las estaciones previas de conformado de chapa mediante matrices de estampación en frío, como única opción contemplada.

### 7.3.2. Corte de chapa

Pese a que la máquina de corte por chorro de agua corresponde una inversión considerablemente alta, considerando los problemas actuales de bajísima flexibilidad en los procesos de fabricación de la empresa, así como, a los problemas de espacio por la obligación de tener que almacenar los diferentes troqueles, se ha decidido elegir la máquina de corte por chorro de agua RT1E con la bomba de presión RS50/4K.

## Consideración

Teniendo en cuenta que la inversión de esta máquina, es una inversión de la empresa y es válida para cualquier proyecto, para poder rentabilizarla se requerirían de 13 proyectos:

(Considerando el coste de máquina y bomba (314.640 €) y de instalación (6.000 €):

$$\frac{320.640 \text{ € (adquisición máquina corte waterjet)}}{26.000 \text{ € (adquisición matriz de corte en frío)}} = 12,33 - - - > 13 \text{ proyectos}$$

Tras ser nominados de 13 proyectos, la máquina quedaría amortizada.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

La empresa, tiene una actividad de negocio, de unos 20 proyectos nuevos nominados al año. Por lo que, en menos de 1 año, la máquina de corte podría estar amortizada.

### **7.3.3. Protección de cantos en el contorno de la pieza**

Pese a que la opción de la colocación de cinta de aluminio, tiene una muy alta flexibilidad de proceso, se requieren de 10 operarios para poder tener listas las 3.500 piezas estimadas como demanda semanal. Además, les llevaría cerca de 40 horas, para realizar las tareas.

Por ese motivo, la empresa ha decidido, llevar a cabo, la construcción de las matrices de doblado de aletas. Además, esta opción supone una novedad para la empresa, ya que, generalmente empleaban opciones manuales de colocación de cinta para los procesos de protección de cantos.

### **7.3.4. Montaje de componentes**

En la actualidad, la empresa no dispone de más productos que lleven este tipo de componentes ensamblado, por lo que ha desestimado la opción de invertir en una máquina automatizada de montaje de componentes.

La alternativa que se va a llevar a cabo, es la de la construcción de un útil manual de montaje de componentes.

Con respecto a los componentes a colocar, se ha escogido la opción 3, ya que tienen función de amortiguación.

## **7.4. Sistemas de control**

### **7.4.1. Calibre de control**

Finalmente, se ha desestimado la construcción de un calibre de control como empleaba la empresa habitualmente, ya que, se va a construir uno muy similar para controlar que el corte del láser es correcto. Aprovechando ese útil, se puede comprobar la geometría de la pieza. Por lo que, se ha considerado que no es necesario construir el típico calibre de control para este proceso.

### **7.4.2. Sistema de comprobación de aislamiento térmico**

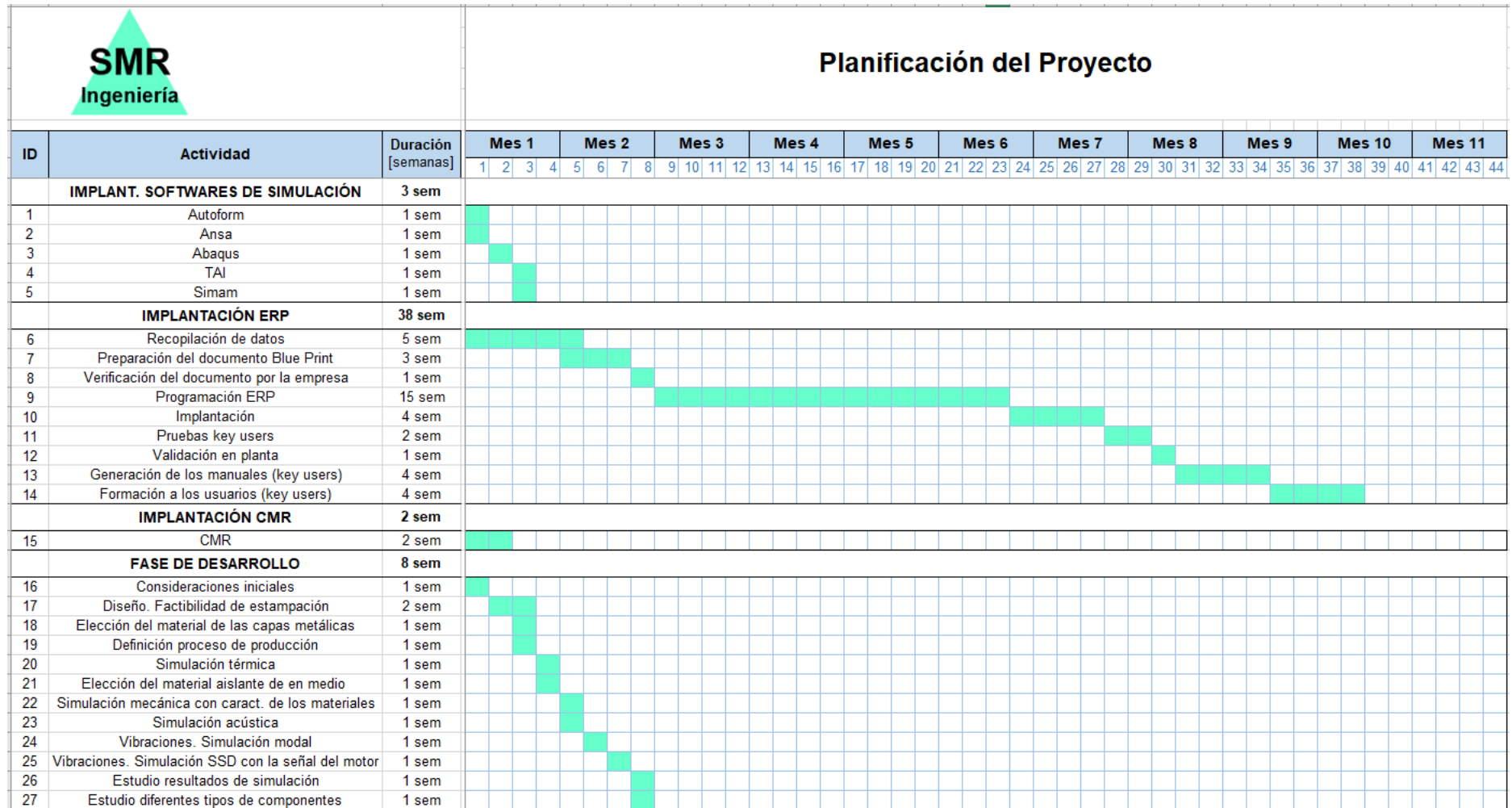
Dado que, para el cliente, el requisito más importante es el del aislamiento térmico, se ha decidido llevar a cabo, la construcción del sistema de comprobación de las condiciones térmicas.

## 8. Desarrollo de la alternativa escogida

En este apartado, se desarrolla como solución la alternativa que se ha escogido tras analizar todos los datos de los apartados anteriores.

### 8.1. Gestión del tiempo. Diagrama de Gantt

A continuación, se presenta el Diagrama de Gantt con todas las actividades que se han escogido para implantar, con las duraciones y relaciones entre ellas.



Página 213 de 245

TFM

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

ID	Actividad	Duración [semanas]	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5		Mes 6		Mes 7		Mes 8		Mes 9		Mes 10		Mes 11																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44			
	SISTEMA COMPROBACIÓN REQ. T.	4 sem																																															
27	Diseño	1 sem																																															
28	Acopio de material y componentes normalizados	2 sem																																															
29		Montaje	2 días																																														
30	Validación en planta	1 día																																															
	MÁQUINA MANUAL MONTAJE COMP.	7 sem																																															
31	Diseño	1 sem																																															
32	Acopio de material y componentes	2 sem																																															
33	Mecanizado	2 sem																																															
34	Montaje	1 sem																																															
35	Validación en planta	1 día																																															

Tabla 80 Diagrama de Gantt del proyecto con las alternativas seleccionada

## 8.2. Organización general de la empresa

En este apartado, se desarrollan todas las soluciones con todos los cálculos y diagramas necesarios.

### 8.2.1. Implantación del sistema ERP

Con respecto a sistemas ERP, se ha decidido implantar el sistema ERP de Oracle.



*Imagen 129 logo de Oracle*  
(Fuente: <https://www.oracle.com/es/applications/erp/products.html>)

Deben de definirse unos key users del proyecto para poder trabajar con los consultores en la implantación del ERP, exponiendo las necesidades de la empresa y los procedimientos que se llevan a cabo en la actualidad, para encontrar las soluciones óptimas siguiendo el estándar del programa.

A continuación, por parte del proveedor, se requiere la preparación del documento Blue Print. En el documento detalla el alcance y límites de la implantación.

Los key users, se encargan de validar el documento para que se inicien los trabajos de programación del sistema ERP. El proveedor trabaja durante varias semanas en la programación y preparación del sistema, así como en su implantación. En la implantación, participan activamente los key users, formándose y validando que el sistema funciona de acuerdo con los requerimientos.

Durante dos semanas, los key users se encargan de realizar las pruebas correspondientes al sistema, para verificar que todo funciona correctamente. Este equipo, se encargará de la preparación de los manuales de uso interno de la empresa, así como de formar al resto de usuarios.

### 8.2.2. Implantación del sistema CRM

Con respecto a sistemas CRM, se ha decidido implantar el sistema CRM de amoCRM.



*Imagen 130 logo del CRM amoCRM*  
(Fuente: <https://www.amocrm.com/es/>)

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

### 8.3. Desarrollo

El equipo de desarrollo, empezará a trabajar de inmediato según la planificación general para cada proyecto, así como con el diagrama de flujo con todas las tareas definidas, a partir de la implantación de los diferentes softwares de simulación.

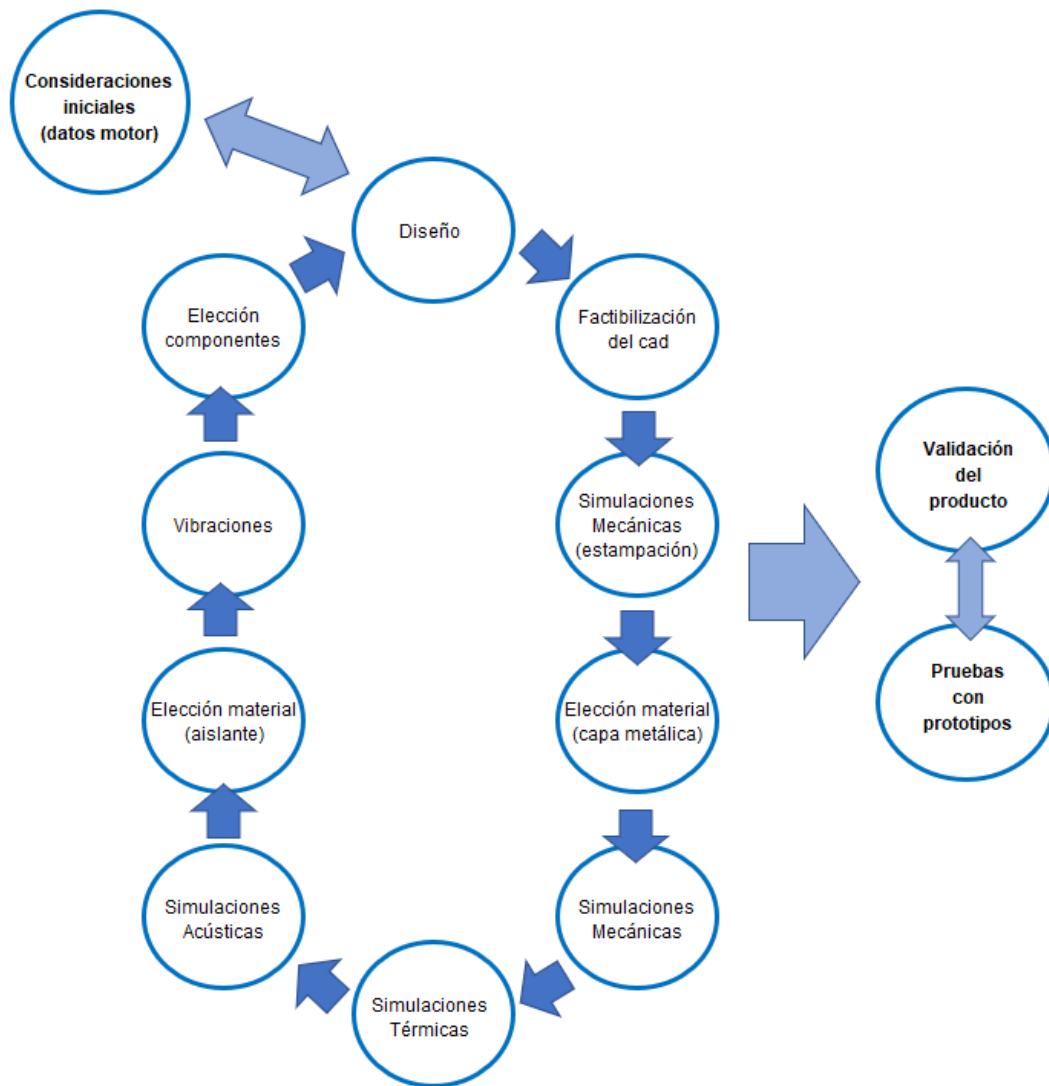


Imagen 131 FlowChart actividades desarrollo, solución

Mediante los softwares de simulación, el equipo, calculará el desarrollo de la chapa con el fin de realizar el corte de contorno con el formato en 2D sin estampar. De manera que, una vez realizado el corte de los formatos, éstos, se pasarán por el resto de las estaciones.



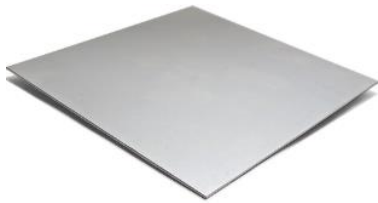




Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

## 8.4. Producción

En este apartado se desarrolla toda la fase de producción con los cálculos y diagramas correspondientes.

### 8.4.1. Entrada de materia prima

Con respecto a la materia prima necesaria para llevar a cabo la fabricación de la pantalla, se debe de tener en cuenta cómo se realiza su entrada:

Componente	Estado de entrada	Proceso de transformación
Formatos AL 1050 0,8 x 480 x 520 [mm] 		Corte de formatos en la línea de corte
Material aislante Fibra de vidrio (Needle mat) $e=6\text{mm}$ , $T_{\text{max}}=450^{\circ}\text{C}$ , $d=120\text{ kg/m}^3$ 		NA
Arandela componente 	Los componentes se compran como en la imagen de la izquierda.	NA

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

<b>Macho componente</b> 	Los componentes se compran como en la imagen de la izquierda.	NA
<b>Wire Mesh</b> 	Los componentes se compran como en la imagen de la izquierda.	NA

*Tabla 81 Resumen forma de entrada de la materia prima*

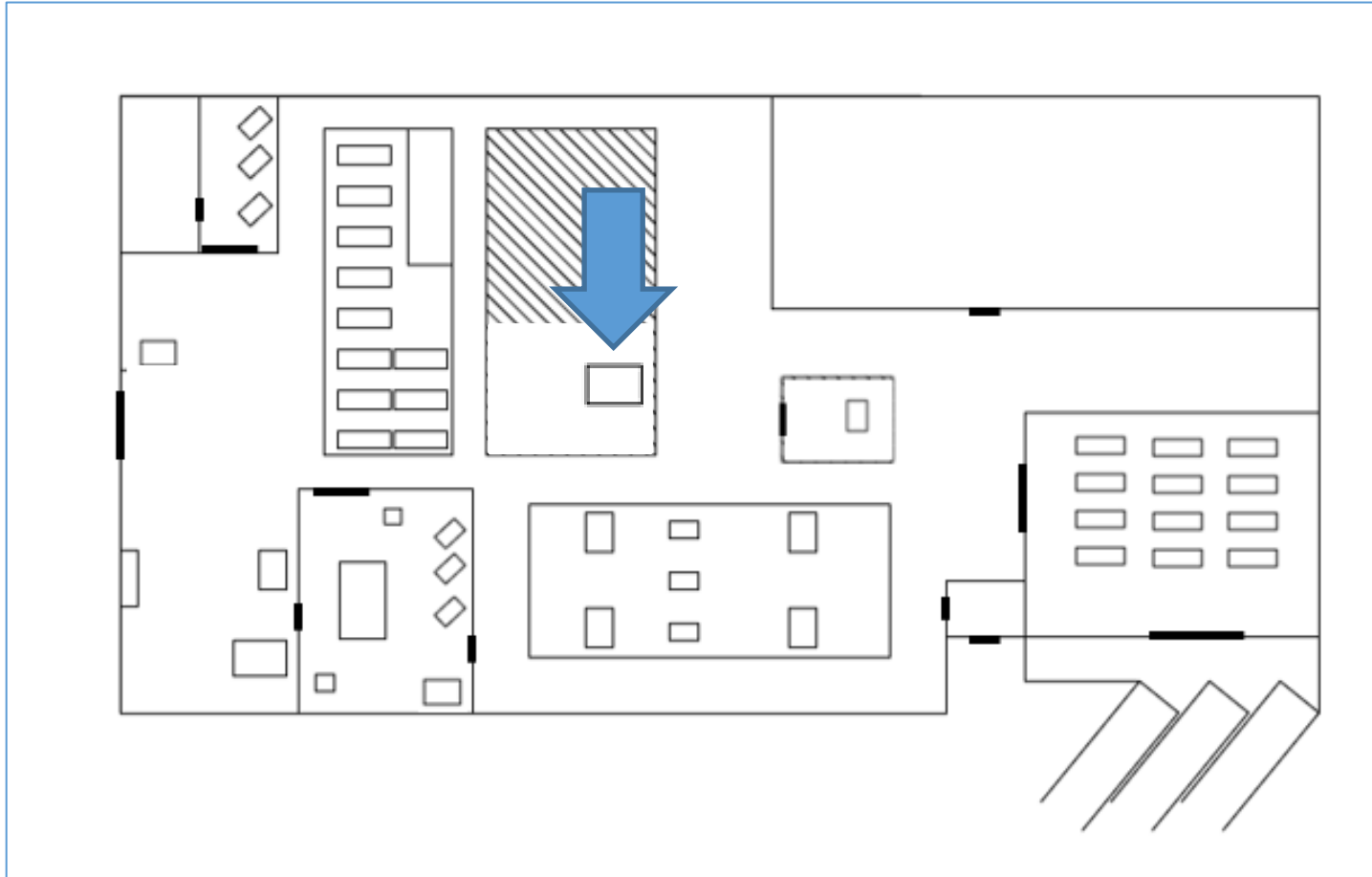
#### 8.4.2. Máquina waterjet

A continuación, se detallan diferentes aspectos relevantes de la máquina adquirida de corte por chorro de agua.

##### 8.4.2.1. Ubicación de la máquina de corte por chorro de agua

De acuerdo con el Layout de la empresa, la máquina de corte por chorro de agua, quedará ubicada en la siguiente zona tras realizar los preparativos de la instalación. Corresponde a una zona que, como se indicó al inicio, estaba vacía, en previsión de un posible crecimiento de la compañía.

La máquina waterjet, se encargará de realizar el corte en 2d de los formatos, para seguidamente, pasarlos por el resto de las estaciones, montadas en prensa.



*Imagen 132 Ubicación de la máquina de corte por chorro de agua en la empresa*

#### 8.4.2.2. Mejora aplicada en el uso de la máquina waterjet

Dado que la máquina waterjet tiene un crono bastante más bajo que el de las matrices, y esto supondrá en producción un cuello de botella, se ha estudiado la siguiente solución para minimizarlo y solucionarlo.

Teniendo en cuenta que la máquina puede cortar como máximo espesores que rondan los 250 mm, y que cada formato tiene un espesor de 0,8, además de que cada pantalla está formada por dos de esos formatos, se calcula lo siguiente:

$$\frac{250 \text{ mm}}{1,6 \frac{\text{mm}}{\text{pantalla}}} = 156,25 \text{ pantallas}$$

Para no sobresaturar la máquina y trabajar con números redondos, se considera cortar cada vez los formatos para la producción de 150 pantallas, que equivalen a un grosor máximo de:

$$150 \text{ pantallas} \cdot \frac{1,6 \text{ mm}}{1 \text{ pantalla}} = 240 \text{ mm de espesor a cortar}$$

Cada pantalla, como comentado, lleva dos formatos de 0.8 mm de espesor cada uno, por lo que, el peso total de los 300 formatos (cada formato tiene medidas de 450 mm x 520 mm) necesarios para producir 150 pantallas es de:

$$(0,8 \cdot 450 \cdot 520) \text{ mm}^3 \cdot 2,70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3}{10^3 \text{ mm}^3} = 505,44 \frac{\text{g}}{\text{formato}}$$

$$300 \text{ formatos} \cdot 505,44 \frac{\text{g}}{\text{formato}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1.000 \text{ g}} = 151,63 \text{ kg}$$

Con lo cual, implica que el registro en el que colocar los formatos, deberá de ser paletizable para poder cargarlo correctamente en la máquina waterjet.

Teniendo en cuenta estos cambios, el tiempo de ciclo de la máquina waterjet pasa a ser de 122 s/pieza a 122s/conjunto de 300 formatos. Sin embargo, dado que ahora se requiere de una vaquilla o toro para descargar el registro paletizado con los 300 formatos cortados, los tiempos improductivos de descargar el pallet con los formatos cortados, son de: 30 s.

$$\frac{122 \text{ s}}{300 \text{ formatos}} + 30 \text{ s improductivos} = \frac{152 \text{ s}}{300 \text{ formatos}} \rightarrow \frac{0,5 \text{ s}}{\text{formato}}$$

Considerando que la producción semanal de 3.500 piezas, tendrá 7.000 formatos a cortar, se tardará en tenerlos listos:

$$\frac{0,5 \text{ s}}{\text{formato}} \cdot 7000 \text{ formatos} = 3.500 \text{ s} = 58,3 \text{ min}$$

Es decir, en aproximadamente 1h, se tendrán cortados todos los formatos para la producción.

#### 8.4.2.3. Diagrama de flujo

##### Estaciones

Estación 0: Corte de formatos en plano.

Estación 1: Matriz de estampar capa inferior

Estación 2: Matriz de estampar capa superior + marcar

Estación 3: estación intermedia para colocar pieza ya cortada y estampada de la capa inferior, manta y pieza ya cortada y estampada de la capa superior

Estación 4: Matriz de doblar a 90°

Estación 5: Matriz de doblar a 180° + punzonar

**Estación 0:** Corresponde al corte de formatos en plano con el desarrollo del contorno, a llevar a cabo antes de iniciar la producción bajo prensa.

**Estación 1:** En esta estación se conforma la capa inferior de chapa metálica según la geometría de la pantalla.

**Estación 2:** En esta estación se conforma la capa superior de chapa metálica según la geometría de la pantalla y se marca el logo de la mano (no tocar).

**Estación 3:** La estación 3 no realiza ningún cambio en el producto, simplemente, sirve de estación intermedia para juntar el sandwich o conjunto de capas de la pieza: capa inferior estampada y cortada + material aislante + capa superior estampada y cortada.

**Estación 4:** En la estación 4, colocando el conjunto de las tres capas cortadas obtenido de la estación anterior, se obtiene el conjunto con las aletas dobladas a 90°.

**Estación 5:** En la estación 5, se obtiene la pantalla con las aletas cerradas a 180° y se punzonan los agujeros correspondientes.

Con el siguiente diagrama, se especifica qué se hace en las diferentes operaciones. Cómo entra el producto y como sale transformado de la estación.

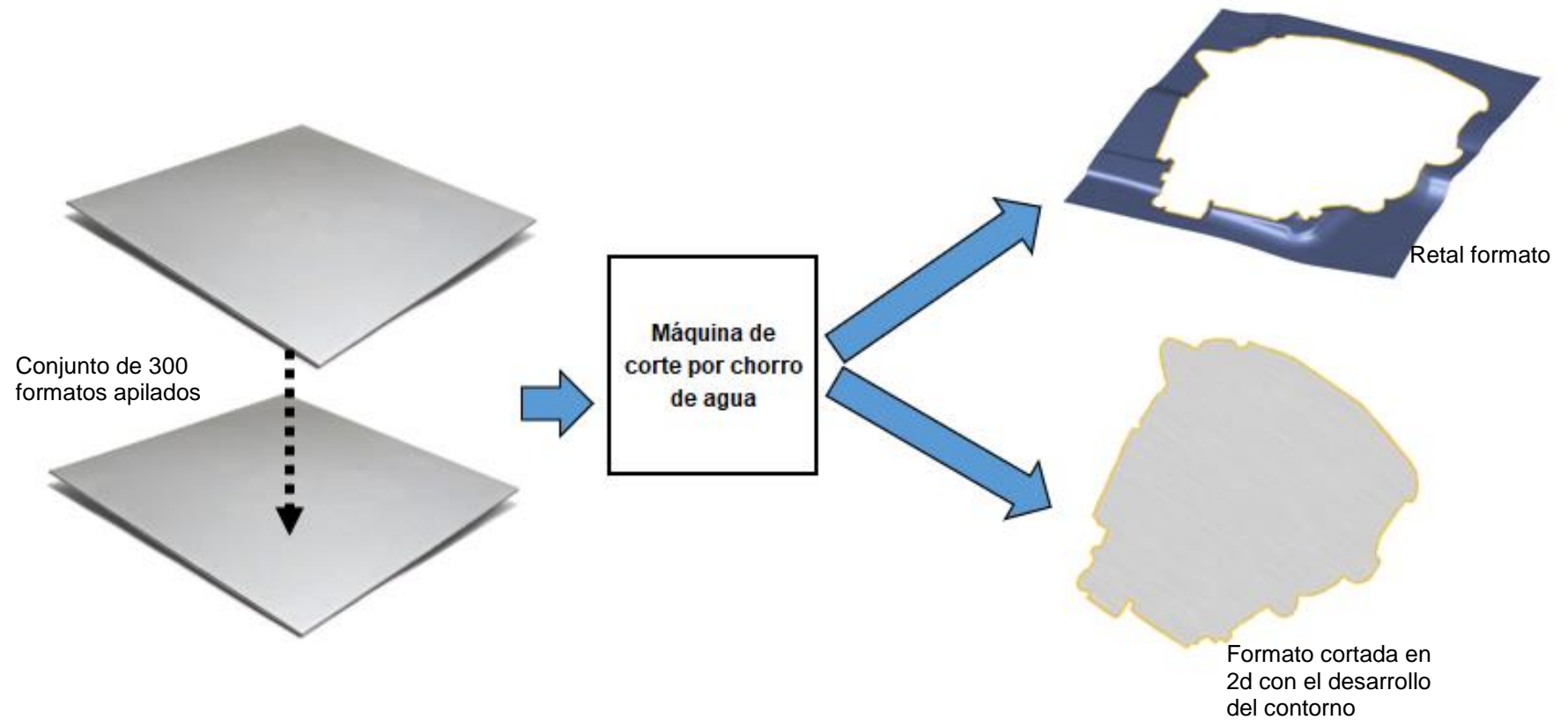


Imagen 133 Diagrama corte formatos en plano – Estación 0

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.



*Imagen 134 Diagrama estampación formatos capa inferior – Estación 1*



*Imagen 135 Diagrama estampación formatos capa superior + marcaje – Estación 2*

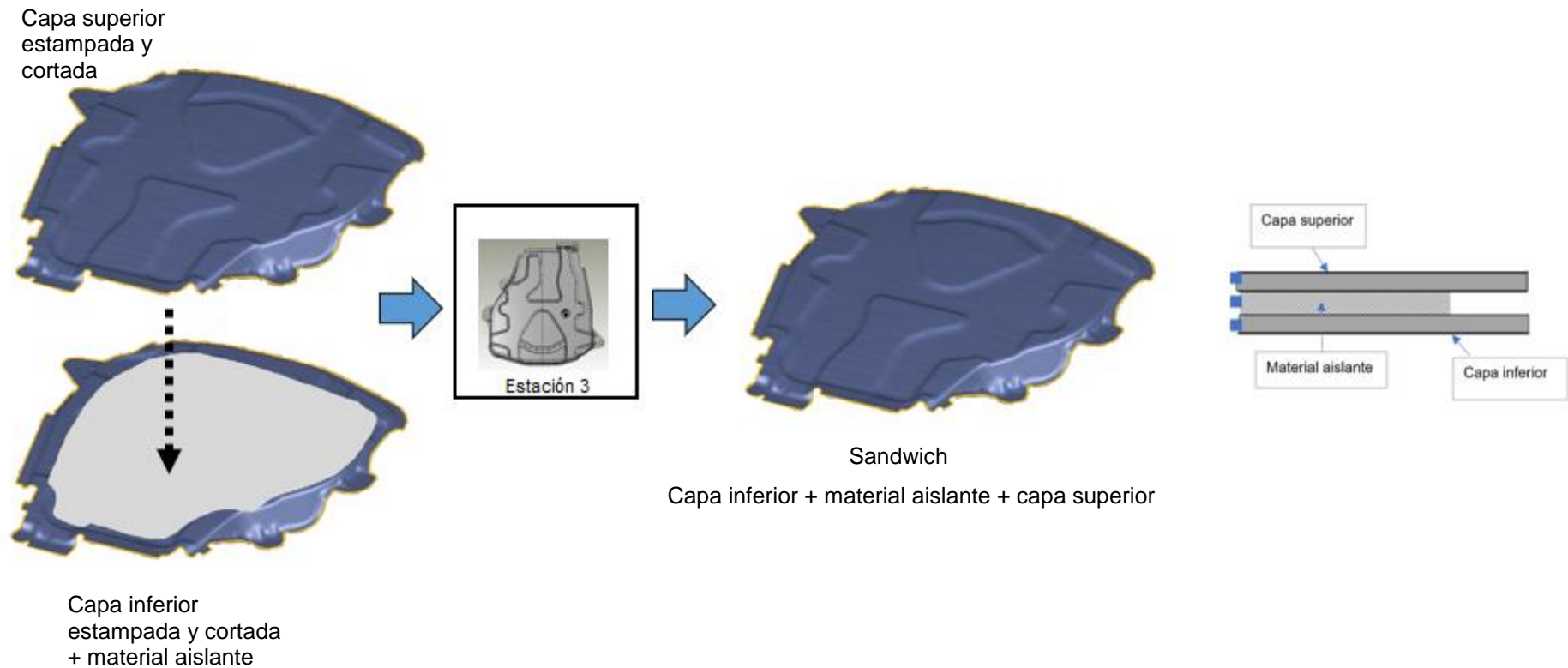


Imagen 136 Diagrama sandwich juntar capas – Estación 3



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.





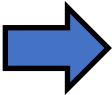

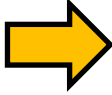
Imagen 137 Diagrama doblar aletas a 90° - Estación 4



Imagen 138 Diagrama doblar aletas a 180° + punzonar - Estación 5

### Diagrama de flujo

En la siguiente página, se presenta el diagrama de flujo del proceso. Para su correcta explicación, se presenta una tabla a modo de leyenda.

	Operario
	Desplazamientos correspondientes al operario 1
	Secuencia de movimientos del operario 1
	Desplazamientos correspondientes al operario 2
	Secuencia de movimientos del operario 2

*Tabla 82 Leyenda diagrama de flujo para el proceso de adquisición máquina corte por chorro de agua*

Las flechas que indican la secuencia de movimientos de cada operario están numeradas, según el orden en que debe realizarse cada uno.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo con las estaciones montadas bajo prensa mecánica, vista en planta. El área en gris simboliza el plato de la prensa:

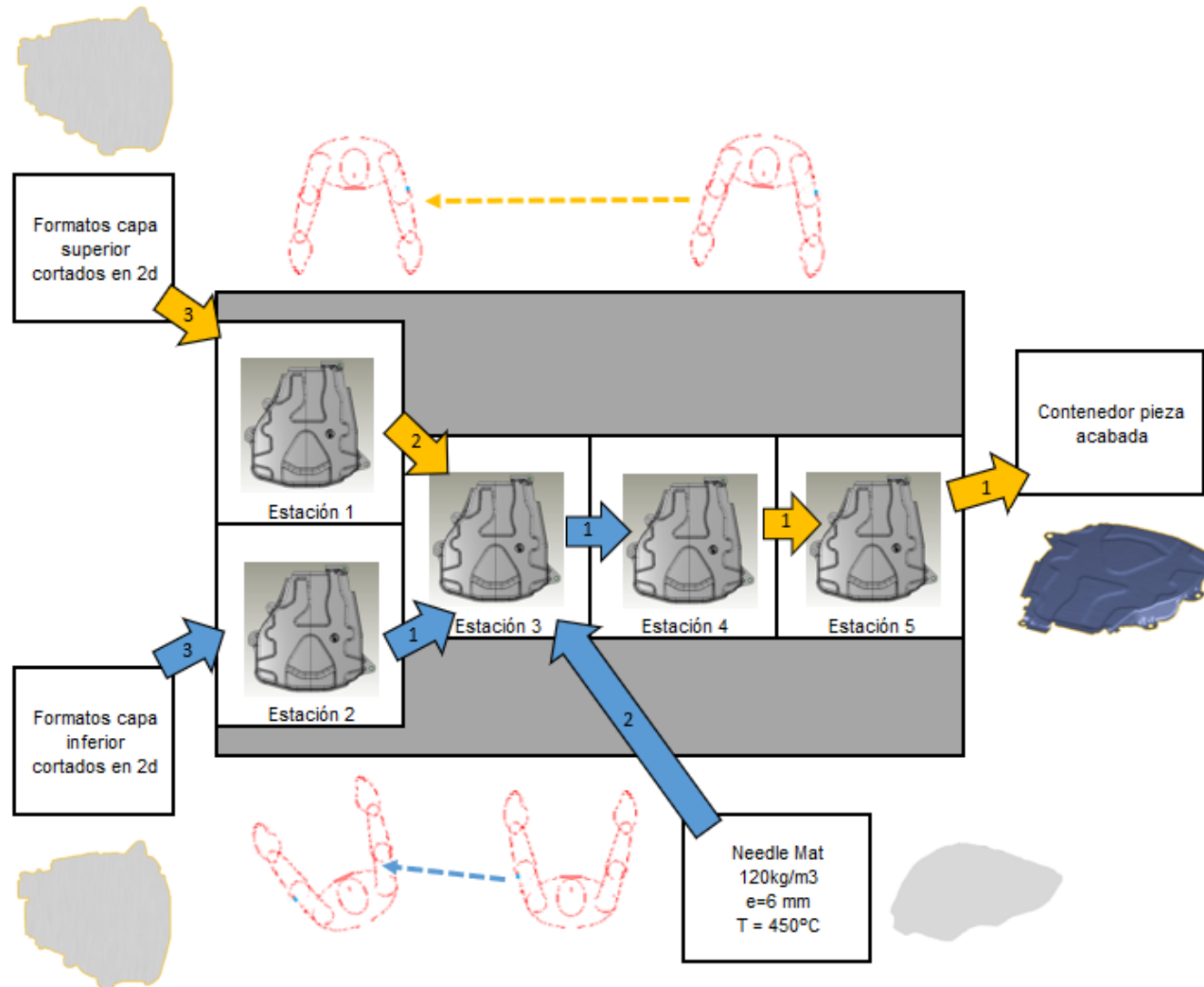


Imagen 139 Diagrama producción estaciones bajo prensa mecánica

#### 8.4.2.4. Stocks intermedios

Gracias a la mejora aplicada de cortar los formatos en 2d, se permite eliminar los stocks intermedios y facilitar y agilizar así la producción y empleo de recursos.

#### 8.4.2.5. Safety stock

La empresa deberá de tener un stock de seguridad, se calcula a continuación:

$$SS = (PME - PE) \cdot DM$$

SS: stock de seguridad

PME: plazo máximo de entrega en el que el proveedor nos haga llegar la materia prima suponiendo que haya un retraso.

PE: plazo de entrega normal en el que el proveedor nos envía la mercancía en circunstancias normales

DM: demanda media del cliente

$$DM = \frac{3.500 \frac{\text{piezas}}{\text{semana}}}{5 \text{ días}} = 700 \frac{\text{piezas}}{\text{día}}$$

$$SS = (7 \text{ días} - 3 \text{ días}) \cdot 700 \frac{\text{piezas}}{\text{día}} = 2.800 \text{ piezas}$$

#### Tiempo de producción máquina waterjet

Para realizar una producción de 2.300 piezas en concepto de safety stock, se necesitará cortar un total de 5.600 formatos.

$$\frac{0,5 \text{ s}}{\text{formato}} \cdot 5.600 \text{ formatos} = 2.800 \text{ s} = 46,67 \text{ min} = 0,78 \text{ h}$$

En aproximadamente 47 minutos ya estarán todos los formatos cortados.

### Tiempo de producción estaciones bajo prensa mecánica

Con respecto a las estaciones, se requerirá de 15,56 horas de trabajo, considerando turnos de 8 horas, en cerca de 2 turnos, estarían producidas.

$$\frac{2.800 \text{ piezas}}{180 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}} = 15,56 \text{ h}$$

### Tiempo de producción máquina ensamblaje de componentes

Para finalizar, el montaje de los componentes del safety stock se requiere de 28 horas, considerando turnos de 8 horas cada uno, se necesitarán 3,5 turnos para finalizar las tareas de ensamblaje de componentes.

$$\frac{2.800 \text{ piezas}}{100 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}} = 28 \text{ h}$$

### Tiempo total de producción del safety stock

Por lo que, para producir la totalidad de las 2.800 piezas de safety stock, se requerirá de algo más de 5,5 turnos de 8 horas aproximadamente.

$$0,78\text{h} + 15,56\text{h} + 28\text{h} = 44,34 \text{ h}$$

#### 8.4.2.6. Producción normal de un lote de 3.500 piezas

Según los cálculos anteriores, se requiere de un total de 55,41h o casi 7 turnos de 8 horas.

$$0,97\text{h} + 19,44\text{h} + 35\text{h} = 55,41 \text{ h}$$

### Corte formatos

$$\frac{0,5 \text{ s}}{\text{formato}} \cdot 7.000 \text{ formatos} = 3.500 \text{ s} = 58,33 \text{ min} = 0,97 \text{ h}$$

### Estaciones bajo prensa

$$\frac{3.500 \text{ piezas}}{180 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}} = 19,44 \text{ h}$$

### Montaje de componentes

$$\frac{3.500 \text{ piezas}}{100 \frac{\text{piezas}}{\text{h}}} = 35 \text{ h}$$

#### 8.4.2.7. Cambio de versión

En este proyecto, solo se contempla este proyecto. Sin embargo, la empresa tiene más proyectos y producciones en curso. Ello implica, que las prensas son activos que se emplean para diferentes proyectos, a partir de una planificación semanal.

Cada vez que entra y sale un proceso de prensa, se considera como un cambio de versión y se requiere de un tiempo de montaje y desmontaje del mismo. Se estima que se tarda unas 2 horas en montar y desmontar un proceso de prensa:

$$2 \text{ h} \cdot \frac{50 \text{ €}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{€}}{\text{cambio}}$$

Considerando lotes de producción de 3.500 piezas y un total de 925.000 piezas en toda la vida del proyecto, se calculan unas producciones de 265.

$$\frac{925.000 \text{ piezas}}{3.500 \frac{\text{piezas}}{\text{lote}}} = 264,28 \text{ lotes} \rightarrow 265 \text{ lotes o producciones de 3.500 pcs}$$

Contemplando que cada cambio de versión implica 100 €, habrá un total de 265.000 € en concepto de cambios de versión.

#### 8.4.3. Sistemas de control de calidad

También se ha decidido, incorporar de nuevos sistemas de calidad, que permitan asegurar los requerimientos técnicos en los productos que se entregan.

#### 8.4.3.1. Calibre de control verificación corte por chorro de agua

Se requerirá de un pequeño calibre que permita validar que se está efectuando el corte correcto de la chapa.

#### 8.4.3.2. Calibre de control

Dado que el calibre de control anterior, tan solo permite controlar el contorno del corte perimetral, el cual se realiza con el formato en liso (sin estampar), se requiere de un calibre de control para verificar tanto las geometría o superficie de la pantalla, como los taladros y su posición.

#### 8.4.3.3. Sistema de comprobación de las características de aislamiento térmico

Para validar que las piezas cumplen con los requerimientos térmicos solicitados, se propone llevar a cabo un sistema para comprobar las características de aislamiento térmico.

El concepto es relativamente básico, se deberá de tener una fuente de calor que cumpla con los mismos parámetros térmicos que la fuente de calor del motor (en este caso). Será necesario tener un pequeño registro que permita colocar la pieza en las mismas condiciones de posición con respecto a la fuente y que simule las condiciones de montaje (distancia de la fuente de calor).

Mediante una sonda y un ordenador, se podrá realizar una medición rápida de cada producto, permitiendo además conseguir una trazabilidad de cada pantalla, pudiendo así garantizar los requerimientos térmicos en el 100% de la producción.

### 8.5. Definición del precio de venta de cada pantalla

En este apartado, se estudia el precio de venta que debería de tener cada pantalla, según la formula siguiente:

$$\text{Precio} = \text{Coste} \cdot \frac{100}{100 - \text{Margen}}$$

$$\text{Coste} = \text{Costes variables} + \text{Costes fijos}$$

#### 8.5.1. Costes Fijos

En primer lugar, se requiere de calcular los costes fijos de la pantalla, que son aquellos que son independientes de la cantidad de piezas que se vayan a producir.

#### 8.5.1.1. Costes del proyecto de implantación y estudio

Considerando los costes del proyecto de implantación, sin incluir los conceptos del ERP y CRM ya que no afecta directamente a la producción de las pantallas, el valor es de:

512.800 €

Restándole al coste de estudio y documentación sobre un 15%, con respecto a los conceptos de ERP y CRM, queda:

12.087 €

Por lo que, los costes totales del proyecto de implantación y estudio son:

524.887 €

#### 8.5.1.2. Costes de cambio de versión

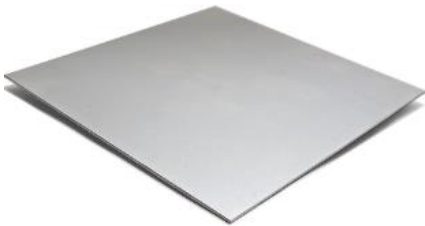
Según los cálculos ya realizados previamente, se consideran 265.000 € en concepto de cambios de versión, tomando en cuenta producciones de 3.500 piezas/lote.

### 8.5.2. Costes Variables

Los costes variables son aquellos que dependen directamente de la cantidad de piezas que se van a producir, y se calculan a continuación:





#### 8.5.2.1. Materia prima

Cada pantalla emplea dos formatos metálicos, una capa de material aislante y 4 conjuntos de componentes. Los costes fijos correspondiente a la materia prima, son:

Componente	Unidades	Precio unitario [€]	Coste total [€]
Formatos AL 1050 0,8 x 480 x 520 [mm] 	2	0,6 €	1,2 €



## Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

<b>Material aislante</b> Fibra de vidrio (Needle mat) $e=6\text{mm}$ , $T_{\text{max}}=450^{\circ}\text{C}$ , $d=120\text{ kg/m}^3$ (se entrega cortada con la geometría de la pieza) 	1	4,2 €	4,2 €
<b>Arandela componente</b> 	4	0,15€ (El conjunto de 1 arandela, 1 macho y 2 wire mesh)	0,6 €
<b>Macho componente</b> 	4		
<b>Wire Mesh</b> 	8		

*Tabla 83 Resumen de costes de materia prima*

El total del coste del material necesario para producir una pantalla es de: 6 €.

#### 8.5.2.2. Mano de obra

Para la producción de un lote se requieren 55,41 h. Considerando una mano de obra de 20 €/h y un total de 4 operarios (1 operario en la máquina de corte por agua, 2

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

operarios con las estaciones bajo prensa y 1 operario con el ensamblaje de componentes):

$$55,41 \frac{h}{lote} \cdot 20 \frac{\text{€}}{h \cdot \text{operario}} = 1.108,2 \frac{\text{€}}{lote \cdot \text{operario}}$$

$$1.108,2 \frac{\text{€}}{lote \cdot \text{operario}} \cdot \frac{1 \text{ lote}}{3.500 \text{ piezas}} = 0,32 \frac{\text{€}}{\text{pieza} \cdot \text{operario}}$$

$$0,32 \frac{\text{€}}{\text{pieza} \cdot \text{operario}} \cdot 4 \text{ operarios} = 1,28 \frac{\text{€}}{\text{pieza}}$$

Por lo que, el coste de mano de obra es de 1,28 € por pieza.

### 8.5.3. Costes totales

Los costes totales son:

Coste = Costes variables + Costes fijos

$$CT = 925.000 \text{ piezas} \cdot (6 + 1,28) \frac{\text{€}}{\text{pieza}} + 524.887 \text{ €} = 7.258.887 \text{ €}$$

### 8.5.4. Coste de venta de pieza

Considerando un margen deseado del 20%, el precio de venta de la pantalla queda:

$$\frac{7.258.887 \text{ €}}{925.000 \text{ piezas}} = 7,85 \frac{\text{€}}{\text{pieza}}$$

$$\text{Precio} = \text{Coste} \cdot \frac{100}{100 - \text{Margen}}$$

$$\text{Precio} = 7,85 \frac{\text{€}}{\text{pieza}} \cdot \frac{100}{100 - 20} = 9,81 \frac{\text{€}}{\text{pieza}}$$

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

## 9. Estudio Económico

En este apartado se presentan los resúmenes de los estudios económicos realizados, tanto a nivel de proyecto de estudio, como a nivel de la implantación del proyecto-

### 9.1. Presupuesto del estudio

El presupuesto de estudio es de 12.540 € y el coste de la documentación de 1.680 €.

	Tarea	Personas	Coste horario [€/h]	Horas/persona	Coste total horas [€]	Otros costes [€]	Coste total tarea [€]
Gestión inicial	Inicio del proyecto	1	30	50	1.500		1.500
	Alcance. Creación del WBS	1	30	25	750		750
	Gestión del tiempo	1	30	40	1.200		1.200
	Planificación de riesgos	1	30	8	240		240
	Presupuesto inicial del estudio	1	30	15	450		450
Análisis situación empresa	Estudio de la actividad de la empresa	1	30	8	240		240
	Estudio de productos y requerimientos habituales	1	30	15	450		450
	Estudio de recursos y maquinaria	1	30	8	240		240
	Estudio del layout de la empresa	1	30	8	240		240
	Estudio del flujo de material	1	30	10	300		300
	Estudio de los procesos de fabricación habituales	1	30	20	600		600
	Estudio de los mantenimientos de utillajes	1	30	5	150		150
Identificación de problemas	Estudio de los sistemas de validación del producto	1	30	5	150		150
	Identificación de problemas	1	30	25	750		750
Revisión del estado del arte	Estado del arte	1	30	80	2.400		2.400
Estudio de alternativas	Definición de alternativas	1	30	15	450		450
	Estudio económico	1	30	8	240		240
	Gestión del tiempo	1	30	10	300		300
	Comparativa entre alternativas	1	30	8	240		240
	Elección de la solución	1	30	8	240		240
Desarrollo de la solución	Estudio económico	1	30	20	600		600
	Gestión del tiempo de la solución	1	30	12	360		360
	Estudio de viabilidad	1	30	5	150		150
	Gestión de seguridad e higiene	1	30	5	150		150
	Análisis medioambiental	1	30	5	150		150
				418			12.540 €

Tabla 84 Resumen presupuesto del estudio

	Tarea	Personas	Coste horario [€/h]	Horas/persona	Coste total horas [€]	Otros costes [€]	Coste total tarea [€]
Documentación	Preparación de la documentación	1	30	20	600		600
	Redacción	1	30	25	750		750
	Impresión documentos	1	30		0	50	50
	Material de oficina	1	30		0	80	80
	Varios	1	30		0	200	200
				45			1.680 €

Tabla 85 Resumen presupuesto de la documentación

### 9.2. Presupuesto de la implantación del proyecto

Con respecto al presupuesto de la implantación del proyecto, según las alternativas consensuadas con las necesidades y requerimientos de la empresa, es de 831.800 €.

### Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

	Tarea / Concepto	Personas	Coste horario [€/h]	Coste por persona [€]	Coste total [€]	Horas/persona	Coste total horas [€]	Otros costes [€]	Coste total tarea [€]
Softwares de simulación	Compra software Autoform							23.000	23.000
	Licencias Autoform (anuales)	4		3.500	14.000				14.000
	Compra software Ansa							19.500	19.500
	Licencias Ansa (anuales)	4		4.500	18.000				18.000
	Alquiler software Abaqus con licencia (annual)							29.500	29.500
	Compra software Thermoanalytics (TAI)							18.000	18.000
	Licencias TAI (anuales)	4		2.800	11.200				11.200
	Compra software Simam							31.000	31.000
ERP y CRM	Licencias Simam (anuales)	4		4.800	19.200				19.200
	Implantación ERP Oracle EBS							290.000	290.000
	Implantación CRM de amoCRM							2.000	2.000
Estaciones iniciales	Licencias	15		1.800	27.000				27.000
	Diseño - Estampador capa inferior	1	35			30	1.050		1.050
	Diseño - Estampador capa superior + marcador	1	35			35	1.225		1.225
	Diseño - Doblador de aletas a 90°	1	35			35	1.225		1.225
	Diseño - Doblador de aletas a 180° + punzonar	1	35			40	1.400		1.400
	Construcción Estampador capa inferior							19.000	19.000
	Construcción Estampador capa superior + mar.							20.500	20.500
	Construcción - Doblador de aletas a 90°							18.000	18.000
Máquina corte por chorro de agua	Construcción - Doblador de aletas a 180° + punz							21.500	21.500
	Máquina waterjet RT1E							220.000	220.000
	Bomba de presión RS50/4K								
	Instalación empresa para la máquina							6.000	6.000
Sistema de control	Posicionador							2.800	2.800
	Calibre de control corte							1.200	1.200
	Sistema comprobación requisitos térmicos							3.800	3.800
Montaje componentes	Calibre de control de pieza							4.500	4.500
	Util manual montaje de componentes							7.200	7.200
						140			831.800 €

Tabla 86 Presupuesto de la implantación

### 9.3. Presupuesto total del proyecto

El presupuesto total del proyecto es de 846.020 €.

	Concepto	Coste [€]
Presupuesto global del proyecto	Estudio del proyecto	12.540 €
	Documentación	1.680 €
	Implantación	831.800 €
	<b>TOTAL</b>	<b>846.020 €</b>

Tabla 87 Presupuesto total del proyecto

## 10. Seguridad e Higiene

En este apartado se estudian los sistemas de seguridad de la empresa, así como de la maquinaria o recursos comentados.

### 10.1. Prensas

Todas las prensas, tanto las hidráulicas como las mecánicas, disponen de sistemas de seguridad tales como barreras fotoeléctricas de seguridad que paran la máquina tan pronto como detectan cualquier elemento que las atraviese.

Por otro lado, los operarios que trabajan a pie de prensa, disponen de unos mandos de seguridad que deben de pulsar con las dos manos y a la vez para que la prensa vuelva a accionarse y vuelva a realizar una picada.

### 10.2. Cizalla, torno, fresadora, máquina de electroerosión

Toda la maquinaria de la empresa, está protegida con las correspondientes barreras de seguridad. Además, el personal que emplea cada recurso debe de tener la rigurosa formación interna de la empresa, además de acreditación externa, si el recurso lo requiere.

Todas las máquinas están correctamente señalizadas, ya sea con riesgo de atrapamiento, etc.

### 10.3. Extintores

La compañía dispone de diversos extintores repartidos por las zonas de oficinas y por la planta. Además, cuenta con planes de evacuación, simulacros y formaciones anuales a sus empleados.

### 10.4. EPIs

La empresa facilita a sus empleados los EPIs necesarios para el trabajo a desarrollar a la entrada, sin embargo, de manera mensual comprueba que todos los operarios dispongan de los EPIs necesarios y de su renovación en caso de ser necesario.

Guantes, manguitos, gafas, cascos, son alguno de los ejemplos de EPIs de los que la empresa dispone y facilita a sus trabajadores.

### 10.5. Botas de seguridad

---

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Toda la zona de producción dispone de pasillos para peatones. Únicamente por oficinas y esos pasillos, el personal puede ir con calzado de a pie. Sin embargo, en zonas de taller y a pie de máquina, es de obligado cumplimiento el uso de zapatos de seguridad.

## 10.6. Almacén

Todo el personal de almacén, así como cualquier operario ajeno al mismo pero que entre en la zona, debe de llevar chaleco reflectante y botas de seguridad. Ya que, se trata de una zona con tránsito de toros y es imprescindible hacerse visible.

## 11. Análisis Medioambiental

### 11.1. Proceso de Fabricación

A continuación, se expone el impacto medioambiental que generan los distintos procesos de fabricación que se emplean en la compañía para producir la pantalla de aislamiento.

#### 11.1.1. Matrices de estampación en frío

Para el proceso de fabricación, se emplean cuatro matrices de estampación en frío. Éstas no generan residuos. Cabe destacar que, se emplea aceite para lubricar los formatos durante la producción.

La empresa escoge lubricantes ecológicos elaborados a partir de recursos renovables. Además, éstos se gestionan de manera responsable mediante recogidas controladas del aceite que, tras haber sido reutilizado, ya no es apto para el uso.



*Imagen 140 Contaminación acústica*

(Fuente: <https://www.ecoembes.com/es/planeta-recicla/blog/importa-los-politicos-el-medio-ambiente>)

#### 11.1.2. Máquina de corte por chorro de agua

La máquina waterjet que se ha decidido adquirir en el proyecto, tiene una tecnología limpia y respetuosa con el medio ambiente, ya que no se emplean productos químicos para llevar a cabo el corte.

Por otro lado, tampoco genera residuos contaminantes.

### 11.1.3. Gestión de los residuos de producción

Los residuos de producción son básicamente el sobrante de chapa tras realizar el corte perimetral y las “pepitas” tras realizar el corte de los taladros. (A recordar, que el material aislante, fibra de vidrio, se compra con la geometría de la pieza y no genera residuos).

Esos sobrantes de chapa, en lugar de chatarrarlos, se compactan haciendo cubos de aluminio compactado para posteriormente venderlos. Además de generarle unas ganancias a la empresa, ello contribuye a reutilizar el material y no generar deshechos.

### 11.1.4. Control del scrap

Otro aspecto importante que controlar, para beneficiar al medio ambiente, es mediante la gestión de scrap. Cuanta más eficiencia productiva tengan los procesos, menos scrap se genera. La merma que se genere, será desechada directamente a la compactadora, de la misma manera que los sobrantes de chapa.

La generación o no generación de merma, tiene un impacto directo en la gestión medioambiental de la empresa.

## 11.2. Producto

La pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones, contribuye a reducir la contaminación acústica, gracias a sus propiedades de apantallamiento acústicas.



Imagen 141 Contaminación acústica

(Fuente: <https://www.noismart.com/6-pasos-para-reducir-la-contaminacion-acustica/>)

## 11.3. Certificación



Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

Dado que se trata de una compañía comprometida con el medio ambiente, ya dispone de la certificación ISO 14001 Sistemas de Gestión ambiental.

La norma ISO 14001:2015 es la norma internacional de sistemas de gestión ambiental (SGA), que ayuda a la organización a identificar, priorizar y gestionar los residuos ambientales como parte de sus prácticas de negocios habituales.



*Imagen 142 Logo ISO*

(Fuente: <http://sirse.info/nueva-norma-iso-para-gestion-de-comunidades/>)

## 12. Conclusiones

En este apartado se detallan las conclusiones del proyecto:

Se ha realizado la implantación de dos sistemas TIC: un sistema de ERP y un sistema de CRM. Los cuales aportan los siguientes beneficios a la empresa y a los usuarios que vayan a emplearlos como herramienta de trabajo:

- Optimización de recursos.
- Optimización de procesos de gestión, tales como flujos económicos y financieros, o mejoras de los procesos de producción.
- Control de costes.
- Control de plazos.
- Control de tareas realizadas en cada proyecto.
- Histórico de las relaciones y trabajos con la cartera de clientes.
- Mejora en la gestión de la comunicación con los clientes.
- Histórico de operaciones con cada proveedor del panel.
- Integridad y unicidad de los sistemas de información.
- Uso compartido de la información a nivel de la empresa, facilitando así la comunicación interna.
- Reducción de los costes derivados de la gestión de la información.

Se ha elaborado un FlowChart, así como una planificación general para facilitar el trabajo de desarrollo y darle al equipo soporte a nivel organizativo.

- Optimización del tiempo para cada tarea.
- Mejora en la gestión de tareas a llevar a cabo para cada proyecto.
- Identificación de todas las actividades a realizar, de su orden y de su duración normal.

Se ha realizado una importante inversión a nivel de softwares de simulación para el equipo de desarrollo, lo cual implica:

- Optimización del tiempo para cada tarea.
- Gran capacidad de cálculos, como, por ejemplo, el de desarrollo de contorno de una pieza para cortarla en 2d.
- Ahorro en la externalización de servicios tales como ensayos.
- Control de los requerimientos técnicos de cliente.
- Capacidad de simular directamente con las características de los materiales que son de interés para el producto o proceso.

Se ha invertido en una máquina de corte láser, lo cual, implica una inversión novedosa de una tecnología nueva considerando los recursos productivos de la empresa. La máquina aporta los siguientes beneficios:

---

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

- Aumento de la flexibilidad productiva.
- Gran capacidad de adaptación para nuevos y diferentes proyectos.
- Versatilidad.
- Fácilmente amortizable.
- Requiere de poca mano de obra, únicamente un operario.
- Respetuosa con el medio ambiente.
- No genera residuos contaminantes.

Otro detalle relevante del proyecto, es la integración de un sistema de comprobación de los requerimientos térmicos de la pantalla.

- Se garantiza el 100% de la producción a nivel térmico.
- Revisión rápida y segura.
- Trazabilidad de las características térmicas.

En todos los casos, el proyecto se ha enfocado desde la sostenibilidad para ser respetuoso con el medio ambiente, en todas las alternativas y posibles soluciones propuestas.

También se han considerado aspectos como la alta exigencia del sector de la automoción y los intereses y principios de negocio de la empresa en cuestión.

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

## 13. Referencias. Bibliografía

En este apartado, se encuentra el listado de consultas tanto a páginas web como a libros.

### 13.1. Páginas web

A continuación, se listan las consultas realizadas a páginas web:

- <https://estamp.es/products/>
- <https://www.troteclaser.com/es/tutoriales-ejemplos/faqs/como-cortar-con-laser/>
- <https://www.sculpteo.com/es/glosario/corte-por-laser-definicion/>
- <http://www.rofin.es/es/aplicaciones-laser/corte-laser/corte-laser-de-metal/>
- <https://www.flowwaterjet.es/Aprender/Corte-Comparativo-es.aspx#range>
- [https://es.bodor.com/Fiber\\_Laser/Plate/2017-09-28/227.html](https://es.bodor.com/Fiber_Laser/Plate/2017-09-28/227.html)
- <https://www.laserproject.es/preguntas-frecuentes/>
- <https://www.gwklaser.es/fiberlaser/LF1800.html###>
- <https://www.sismalaser.es/maquinas-corte-laser-joyeria/>
- <http://www.lrga.es/certificaciones/iso-9001-norma-calidad/>
- <http://www.normas9000.com/content/que-es-iso.aspx>
- <http://www.lrga.es/certificaciones/iso-14001-medioambiente/>
- <http://www.lrga.es/certificaciones/IATF-16949-norma-calidad/>
- <https://www.bsigroup.com/es-ES/iatf-16949-automocion/>
- <http://www.lrgasudamerica.com/certificaciones/ISO-16949-Calidad-Automotriz/>
- <https://www.bsigroup.com/es-ES/Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo-OHSAS-18001/>
- <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscar-libros/detalle?c=4032>
- <https://www.isotools.org/normas/riesgos-y-seguridad/ohsas-18001/>
- <https://www.knittedwiremesh.net/knitted-mesh/compressed-knitted-mesh-gasket.html>
- <https://hollandshielding.com/Knitted-wire-mesh-washers-disks>
- <https://www.knittedwiremesh.net/knitted-mesh/compressed-knitted-mesh-gasket.html>
- [https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical\\_components/springs/washer\\_springs](https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical_components/springs/washer_springs)
- <https://www.hiltrento.com/cinta-aluminio/1409-cinta-adhesiva-aluminio-50mm-x-45-metros-caja-24-uds.html>
- <https://www.amazon.es/TapeCase-aluminio-0083-55-54/dp/B00N3TYIP8>
- <https://www.imagenesmi.com/im%C3%A1genes/water-recycle-logo-42.html>
- <http://www.desmasa.com/corte-agua-robotizado/>
- <http://www.desmasa.com/corte-agua-robotizado/>
- <https://www.tccutting.com/maquinas-corte/maquina-corte-chorro-agua-waterjet-bp-c/>
- <https://www.gteek.com/High-temp-needle-mats>
- <https://www.frenzelit.com/>
- <https://www.autocasion.com/actualidad/noticias/la-acustica-del-5-cilindros-del-audi-rs-3-sportback>
- <https://hollandshielding.com/Knitted-wire-mesh-washers-disks>
- <https://www.knittedwiremesh.net/knitted-mesh/compressed-knitted-mesh-gasket.html>
- <https://www.flowwaterjet.es>
- <https://www.etilux.com/es/producto/cintas-de-una-cara-166/3m-431-12814.php>
- <https://www.imagenesmi.com/im%C3%A1genes/water-recycle-logo-42.html>
- <https://www.imagenesmy.com/imagenes/healthy-blue-zones-map-6e.html>
- <https://www.hsv-pi.nl/en/hsv-polska-achieves-iso-ts-169492016-certification/logo-iatf-2-2/>
- <http://sirse.info/nueva-norma-iso-para-gestion-de-comunidades/>
- <https://www.pipedrive.com>

Estudio de la organización del desarrollo y la producción de una pantalla de aislamiento térmico, acústico y a vibraciones de un motor de automóvil.

- <https://www.freshworks.com>
- <https://monday.com/>
- <https://www.teamgate.com/>
- <https://www.teamleader.es/>
- <https://www.amocrm.com/es/>
- <https://www.whiterabbitsuite.com/>
- <https://www.zoho.eu/>
- <http://ilumioapp.com/partners/>
- <https://www.forcemanager.com>
- [https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical\\_components/springs/washer\\_springs](https://www.globalspec.com/learnmore/mechanical_components/springs/washer_springs)
- <https://www.trumpf.com/es>
- <https://www.google.es/maps/search/proveedores+corte+laser>
- <https://hidegar.com/>
- <http://www.laserautomotive.com/>
- <http://www.gtlaser.es/>
- <http://www.desmasa.com/corte-agua-robotizado/>
- <https://www.hiltrento.com/cinta-aluminio/1409-cinta-adhesiva-aluminio-50mm-x-45-metros-caja-24-uds.html>
- <https://www.amazon.es/TapeCase-aluminio-0083-55-54/dp/B00N3TYIP8>
- <https://www.oracle.com/es/applications/erp/products.html>
- <https://www.sap.com/spain/>
- <https://aitana.software/dynamics-nav-navisione>
- <https://www.dynamics-crm.es>
- <https://www.ecoembes.com/es/planeta-recicla/blog/importa-los-politicos-el-medio-ambiente>
- <https://www.noismart.com/6-pasos-para-reducir-la-contaminacion-acustica/>
- <https://www.autoform.com/en/>
- <https://www.aimsun.com/aimsun/>
- <https://www.simulacionesyproyectos.com/software/flow3d-3/>
- <https://academy.3ds.com/en/software/abaqus-student-edition>
- <https://www.simuleon.com/simulia-abaqus/>
- <https://www.beta-cae.com/ansa.htm>
- <https://www.esi-group.com/software-solutions/virtual-manufacturing/sheet-metal-forming/pam-stamp-stamping-simulation-solution>

## 13.2. Libros

Los libros que se han consultado para poder llevar a cabo el presente proyecto, son lo que se encuentran a continuación:

- M.Harris, Cyril (1977): Manual para el control del ruido